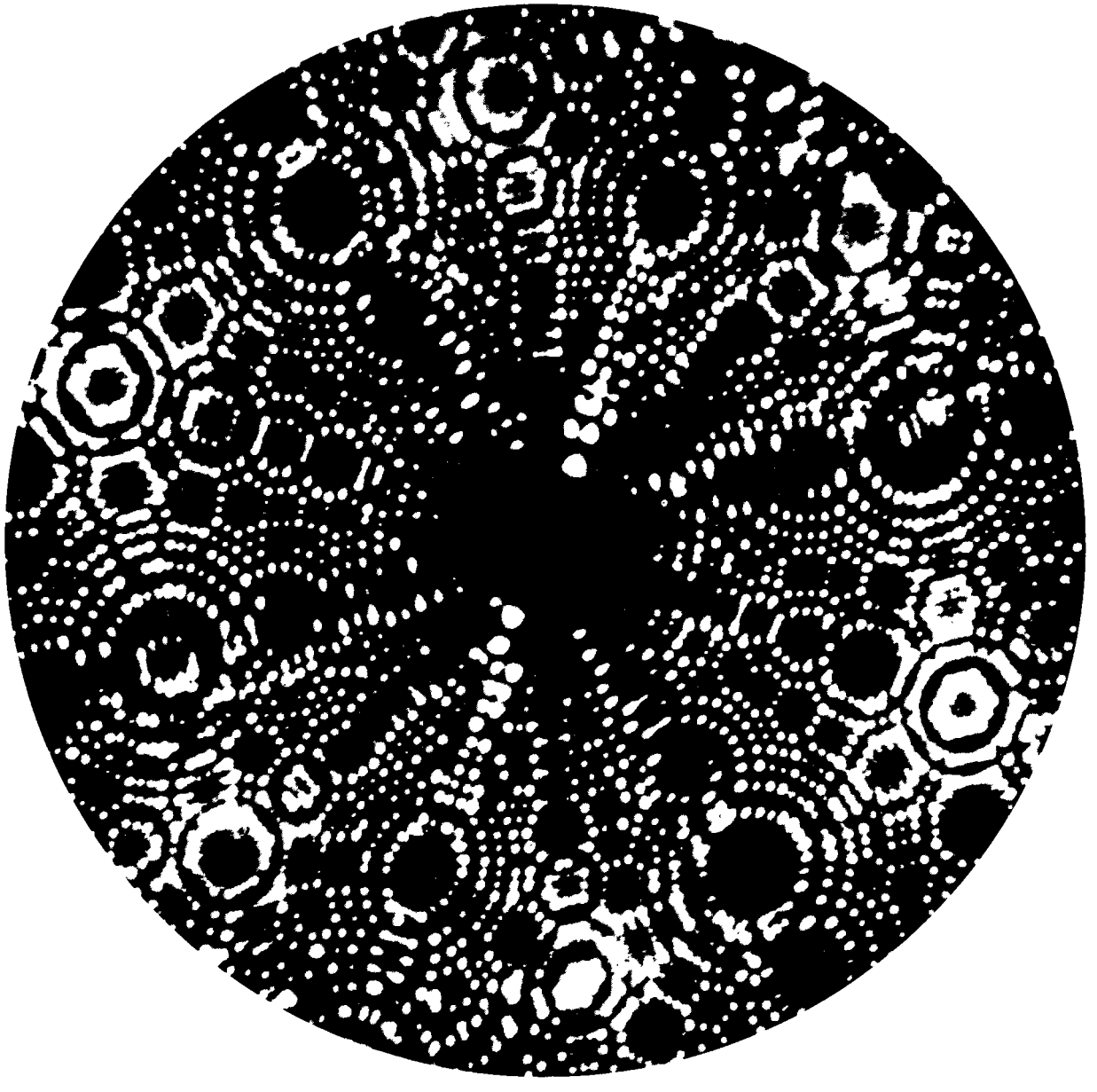
N° 68

Méthodes de programmation applicables à l'orientation et à la gestion de la R&D nationale

par P.F. Ténière-Buchot et Y. de Hemptinne

Études et documents de politique scientifique



UNESCO

Previous titles in this series - Ouvrages déjà publiés dans la même collection - Títulos publicados en esta serie:

No. 1 La politique scientifique et l'organisation de la recherche scientifique en Belgique (Paris, 1965).
No. 2 Science policy and organization of scientific research in the Czechoslovak Socialist Republic (Paris, 1965).
No. 3 National science policies in countries of South and South-East Asia (Paris, 1965).
No. 4 Science policy and organization of research in Norway (Paris, 1966).
No. 5 Principles and problems of national science policies (Paris, 1967).
Principes et problèmes des politiques scientifiques nationales (Paris, 1967).
No. 6 Structural and operational schemes of national science policy (Paris, 1967).
Schémas structurels et opérationnels d'une politique scientifique nationale (Paris, 1967).
Version arabe (Fez, 1967).
No. 7 Science policy and organization of research in the USSR (Paris, 1967).
No. 8 Science policy and organization of scientific research in Japan (Paris, 1968).
No. 9 Science policy and the organization of scientific research in the Socialist Federal Republic of Yugoslavia (Paris, 1968).
No. 10 National science policies of the U.S.A. Origins, development and present status (Paris, 1968).
No. 11 The promotion of scientific activity in tropical Africa (Paris, 1969).
Déploiement de l'activité scientifique en Afrique intertropicale (Paris, 1969).
No. 12 Science policy and organization of research in the Federal Republic of Germany (Paris, 1969).
No. 13 Bilateral institutional links in science and technology (Paris, 1969).
Les liens bilatéraux entre institutions dans le domaine de la science et de la technique (Paris, 1969).
No. 14 La política científica en América Latina (Montevideo, 1969).
No. 15 Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technique national (Paris, 1969).
Manual for surveying national scientific and technological potential (Paris, 1969).
Manual del inventario del potencial científico y técnico nacional (Montevideo, 1970).
Пособие по инвентарному описанию научно-технического потенциала (Париж, 1970).
No. 16 Proceedings of the symposium on science policy and biomedical research (Paris, 1969).
Comptes rendus du colloque sur la politique scientifique et la recherche biomédicale (Paris, 1969).
No. 17 Politiques scientifiques nationales en Europe / National science policies in Europe (Paris, 1970).
No. 18 The role of science and technology in economic development (Paris, 1970).
Le rôle de la science et de la technologie dans le développement économique (Paris, 1970).
No. 19 National science policy and organization of research in Israel (Paris, 1970).
No. 20 Política científica y organización de la investigación científica en la Argentina (Montevideo, 1970).
No. 21 National science policy and organization of research in Poland (Paris, 1970).
No. 22 National science policy and organization of research in the Philippines (Paris, 1970).
No. 23 La politique scientifique et l'organisation de la recherche scientifique en Hongrie (Paris, 1971).
No. 24 La politique scientifique et l'organisation de la recherche en France (Paris, 1971).
No. 25 Science policy and the European States (Paris, 1971).
La politique scientifique et les Etats européens (Paris, 1971).
No. 26 International aspects of technological innovation (Paris, 1971).
Les aspects internationaux de l'innovation technologique (Paris, 1971).
No. 27 National science policy and organization of scientific research in India (Paris, 1972).
No. 28 Science policy research and teaching units/Unités de recherche et d'enseignement en politique scientifique (Paris, 1971).
No. 29 La política científica en América Latina - 2 (Montevideo, 1972).
No. 30 European Scientific Co-operation: priorities and perspectives (Paris, 1972).
La coopération scientifique européenne : priorités et perspectives (Paris, 1972).
No. 31 National science policies in Africa / Politiques scientifiques nationales en Afrique (Paris, 1974).
No. 32 La politique scientifique et l'organisation de la recherche scientifique dans la République populaire de Bulgarie (Paris, 1974).
No. 33 (1) Science and technology policies information exchange system (SPINES). Feasibility study (Paris, 1974).
No. 33 (2) Provisional world list of periodicals dealing with science and technology policies (Paris, 1974).
No. 34 Science policy and organization of research in Sweden (Paris, 1974).
No. 35 Science and technology in African development (Paris, 1974).
La science et la technologie au service du développement en Afrique (Paris, 1974).
No. 36 La politique de la science et de la technologie en Roumanie (Paris, 1976).
No. 37 La política científica en América Latina - 3 (Montevideo, 1975).
No. 38 National science and technology policies in the Arab States / Politiques scientifiques et technologiques nationales dans les États arabes (Paris, 1976).
No. 39 SPINES Thesaurus. A controlled and structured vocabulary of science and technology for policy-making, management and development (Paris, 1976) (In 3 volumes, format 24 × 31 and 31 × 48 cm).
No. 40 Méthode de détermination des priorités dans le domaine de la science et de la technologie (Paris, 1977).
Method for priority determination in science and technology (Paris, 1978).
Método para la determinación de prioridades en ciencia y tecnología (París, 1979).
No. 41 Science and technology in the development of the Arab States (Paris, 1977).
La science et la technologie dans le développement des États arabes (Paris, 1977). Version arabe (Paris, 1977).
No. 42 La política científica en América Latina - 4 (Montevideo, 1979).
No. 42 Presupuestación nacional de actividades científicas y tecnológicas Add. (Montevideo, 1980).
No. 43 National Science and Technology Policies in Europe and North America / Politiques scientifiques et technologiques nationales en Europe et Amérique du Nord (Paris, 1979).
No. 44 Science, Technology and Governmental Policy. A Ministerial Conference for Europe and North America - MINESPOL II (Paris, 1979).
Science, technologie et politique du Gouvernement. Une Conférence ministérielle pour l'Europe et l'Amérique du Nord - MINESPOL II (Paris, 1979).
No. 45 Unesco's Activities in Science and Technology in the European and North American Region (Paris, 1979).
Activités de l'Unesco en science et technologie dans la région d'Europe et d'Amérique du Nord (Paris, 1979).
No. 46 An introduction to Policy Analysis in Science and Technology (Paris, 1979).
Introduction à l'analyse politique en science et technologie (Paris, 1981).
Introducción al análisis de la política científica y tecnológica (París, 1981).
No. 47 Societal Utilization of Scientific and Technological Research (Paris, 1981).
No. 48 Manuel de budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques (Paris, 1981).
Manual on the national budgeting of scientific and technological activities (Paris, 1984).
No. 49 World directory of research projects, studies and courses in science and technology policy / Répertoire mondial de projets de recherche, d'études et de cours dans le domaine des politiques scientifiques et technologiques / Repertorio mundial de proyectos de investigación, estudios y cursos relativos a las políticas científicas y tecnológicas (París, 1981).
No. 50 Thesaurus SPINES - Un vocabulaire contrôlé et structuré pour le traitement de l'information relative à la science et la technologie au service du développement (Paris, 1984).
SPINES Thesaurus - A controlled and structured vocabulary for information processing in the field of science and technology for development, 2 vol. (Paris, 1988).
No. 51 Unesco science and technology activities in Asia and the Pacific (Paris, 1984).
Activités de l'Unesco en science et technologie en Asie et dans le Pacifique (Paris, 1985).
No. 52 Science and technology in countries of Asia and the Pacific - Policies, organization and resources / La science et la technologie dans les pays de l'Asie et du Pacifique - Politiques, organisation et ressources (Paris, 1985).
No. 53 La sexta reunión de la Conferencia permanente de organismos nacionales de política científica y tecnológica en América Latina y el Caribe (Montevideo, 1983).
No. 54 Informes nacionales y subregionales de política científica y tecnológica en América Latina y el Caribe (Montevideo, 1983).
No. 55 Science, Technology and Development in Asia and the Pacific - CASTASIA II (Paris, 1983).
Science, technologie et développement en Asie et dans le Pacifique - CASTASIA II (Paris, 1983).
No. 56 Science policy and organization of research in the Republic of Korea (Paris, 1985).
No. 57 Science and technology policy and the organization of research in the German Democratic Republic (Berlin/GDR - Paris, 1986).
No. 58 Comparative study on the national science and technology policy-making bodies in the countries of West Africa (Paris, 1986).
Étude comparative sur les organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale dans les pays de l'Afrique de l'Ouest (Paris, 1986).
No. 59 World directory of national science and technology policy making bodies.
Répertoire mondial des organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale.
Repertorio mundial de organismos responsables de la política científica y tecnológica nacional (Paris, 1984).
No. 60 Manuel pour le développement d'unités de documentation et de bases de données bibliographiques nationales pour la politique scientifique et technologique / Manual para el establecimiento de unidades de documentación y bases de datos bibliográficos nacionales para la política científica y tecnológica (Paris, 1984).
No. 61 Technology assessment: review and implications for developing countries. (Paris, 1984).
No. 62 National and sub-regional reports on science and technology policies in Latin America and the Caribbean (Part II), (Montevideo, 1985).
No. 63 Actividades de la Unesco en ciencia y tecnología en América Latina y el Caribe (Montevideo, 1985).
Unesco science and technology activities in Latin America and the Caribbean (Montevideo, 1985).
No. 64 Étude comparative sur les organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale dans les pays d'Afrique centrale (Paris, 1987).
No. 65 Unesco activities in the field of science and technology in the Arab States region (Paris, 1986).
Activités de l'Unesco en science et technologie dans la région des États arabes (Paris, 1986).
No. 66 Comparative study on the national science and technology policy-making bodies in the countries of Eastern and Southern Africa / Étude comparative sur les organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale dans les pays de l'Afrique orientale et australe (Paris, 1987).
No. 67 Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technologique national. Deuxième édition entièrement revue et complétée du Manuel publié par l'Unesco en 1969 (Paris, 1986).
No. 68 Méthodes de programmation applicables à l'orientation et à la gestion de la R&D nationale (Paris, 1990).

Note (January 1985)
Numbers 1 through 31, 33 through 35, 37 through 39, 41 (Eng. and Fr.), 42 and 43 are out of print. These numbers may however be purchased in microfiche form.

Méthodes de programmation applicables à l'orientation et à la gestion de la R&D nationale

par P. F. Ténière-Buchot
Professeur associé au
Conservatoire national des arts et
métiers de Paris et
Professeur à,
l'Institut des sciences et techniques
nucléaires de France

et Y. de Hemptinne
Consultant de l'Unesco et
ancien Directeur de la Division des
politiques scientifiques et
technologiques de l'Unesco

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Unesco aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Publié en 1990
par l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science et la culture
7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France)

Imprimerie de la Manutention, Mayenne

ISBN 92-3-202529-9

© Unesco 1990
Printed in France

Préface

La collection publiée par l'Unesco sous le titre « Études et documents de politiques scientifiques » fait partie d'un programme visant à rassembler, analyser et diffuser des informations sur l'organisation de la recherche scientifique et les politiques scientifiques des États membres, en exécution de la résolution 2.1131 b) adoptée par la Conférence générale à sa onzième session en 1960 et confirmée par des résolutions similaires adoptées lors de chacune des sessions ultérieures de la Conférence générale.

Cette collection vise à mettre à la disposition des responsables de la recherche et du développement scientifique dans le monde des informations factuelles sur les politiques scientifiques des divers États membres de l'Organisation, ainsi que des études normatives de caractère général.

Les études par pays sont effectuées par les autorités gouvernementales responsables de la politique scientifique dans les États membres concernés.

Le choix des pays faisant l'objet de telles études répond aux critères suivants : originalité des méthodes employées dans la planification et l'exécution de la politique scientifique nationale, étendue de l'expérience pratique acquise dans ces domaines, niveau de développement économique et social atteint dans le pays. Il est tenu compte également de la répartition géographique de ces études.

Les études normatives concernent la planification de la politique scientifique, l'organisation et l'administration de la recherche scientifique et technologique, ainsi que d'autres questions liées à la politique scientifique.

La même collection contient aussi des rapports de réunions internationales de politique scientifique convoquées par l'Unesco.

En règle générale, les études par pays sont publiées dans une seule langue, soit le français, soit l'anglais, tandis que les études normatives et les rapports de réunions sont publiés dans les deux langues.

Le présent ouvrage est une analyse critique des principales méthodes de programmation applicables à l'orientation et la gestion de la Recherche-Développement (R&D) nationale. Les méthodes, procédures et instruments nécessaires pour établir une programmation pluri-annuelle (généralement 5 ans) et pluri-institutionnelle y sont décrites en liaison avec la planification du développement national et la budgétisation annuelle des crédits d'Etat destinés à la Recherche-Développement. Cette dernière a fait l'objet d'une publication antérieure intitulée « Manuel de budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques » parue sous le numéro 48, dans la même collection en 1981. Les deux manuels sont principalement destinés aux responsables gouvernementaux de la politique scientifique et technologique, en particulier dans les pays en développement, qui doivent programmer et budgétiser les activités scientifiques et technologiques, ainsi qu'aux fonctionnaires chargés du plan national de développement et du budget de l'État qui seront amenés à y coopérer. Ils devraient également être utiles aux directeurs des institutions scientifiques et technologiques qui soumettent des demandes de crédits à l'État. Ils devraient enfin permettre aux étudiants en sciences économiques et administratives d'acquérir les notions essentielles qui leur permettront plus tard de mettre la science et la technologie (S&T) au service du développement de leur pays.

L'ouvrage présenté aujourd'hui comprend trois parties, à savoir :

Partie I : La problématique générale de la programmation de la R&D nationale. C'est-à-dire : l'intérêt de programmer ces activités, et la difficulté de les programmer en raison des caractéristiques et exigences qui leur sont propres.

Partie II : Le processus de programmation de la R&D nationale (études, décisions, exécution, contrôle, information) et les divers indicateurs, critères et éléments d'appréciation utilisés au cours de ces phases.

Partie III : Les outils méthodologiques de programmation disponibles qui ont été selectionnés sur la base de leur simplicité d'utilisation, de leur représentativité des processus réels de décision publique, de leurs résultats effectifs et de leur applicabilité à la programmation de la R&D; pour chaque méthode les précisions suivantes sont données :

a) exposé de la méthode, domaine d'utilisation (pour les divers types de recherches : fondamentale, appliquée, développement technologique, par exemple);
b) niveaux d'application (discipline ou filière générale, système, sous-système, opération élémentaire de recherche);
c) délai de mise en oeuvre, coût/efficacité de la méthode de programmation;
d) forces et faiblesses de la méthode, expérience tirée de sa mise en pratique, (une attention particulière sera portée sur les exigences de chaque méthode de programmation en matière de qualification du personnel, matériel informatique requis, degré de participation des chercheurs aux décisions les concernant, enjeux politiques et financiers);
e) des propositions de recommandations concluent chaque exposé sur les différentes méthodes, en appréciant notamment leurs conditions d'emploi selon le type de problèmes auxquels s'appliquent les activités de R&D (satisfaction de besoins élémentaires, ou investissement dans des opérations industrielles complexes ou avancées, par exemple). Des références bibliographiques et d'emploi de caractère international sont données dans chaque cas.

Dans les considérations finales du « Manuel de budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques » mentionné plus haut, la dernière suggestion propose de : « mettre en place, par étapes, une véritable programmation de la S&T qui assure le passage entre la stratégie et les prévisions concernant la S&T dans le plan national de dévelopement, et le budget de la S&T intégré, et qui tienne compte des caractéristiques et exigences propres à la S&T ».

Le présent ouvrage essaie de concrétiser ce voeu et a donc pour ambition de faciliter l'application pratique et pluri-annuelle de la politique nationale dans le domaine de la S&T. Il n'aborde cependant que légèrement et occasionnellement les fondements mêmes de cette politique qui, eux, font partie de la planification.

Le manuel se fonde sur l'expérience de pays avancés dans le domaine de la programmation de la R&D (que ce soit ceux à marché libre, à économie mixte ou à planification centralisée) et sur les enseignements tirés de l'assistance technique fournie par l'Unesco dans ce domaine à certains de ses États membres.

Le présent ouvrage a été rédigé par P. E. Ténière-Buchot, Professeur associé au Conservatoire des arts et métiers de Paris et Professeur à l'Institut des sciences et des techniques nucléaires de France, en collaboration avec Y. de Hemptinne, Consultant et ancien Directeur de la Division des politiques scientifiques et technologiques de l'Unesco.

La contribution de M. Y. de Hemptinne a porté principalement sur les tâches à accomplir dans le processus de programmation de la R&D (partie II). Par ailleurs, les notes pratiques qui viennent compléter les aspects théoriques de l'ouvrage font appel à des expériences vécues par M. Ténière-Buchot soit au Ministère français de la recherche et de la technologie (et plus particulièrement au Centre de prospective et d'évaluation), soit dans les entreprises publiques, soit enfin dans le cadre d'études, de recherches et d'enseignements menés au Conservatoire national des arts et métiers de Paris (Département économie et gestion - Centre science, technologie et société), à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires de Saclay (pour le Diplôme d'études approfondies de gestion de la recherche-développement) ou encore au CEPRIG (Centre d'étude et de perfectionnement à la recherche industrielle et sa gestion) de l'Association nationale de la recherche technique.

Pour la troisième partie de cette étude, la rédaction de certaines fiches et la mise au point des références bibliographiques ont bénéficié du concours du GASET (Groupe Assistance Scientifique Économique et Technique) de l'École Polytechnique et plus particulièrement de la collaboration de M. Denis Lucquin. Que toutes les personnes concernées, travaillant dans ces diverses institutions, trouvent ici des remerciements pour leur concours direct ou indirect.

Il convient de souligner que les opinions exprimées dans cet ouvrage sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue de l'Unesco.

Table des matières

Partie I : Problématique générale de la programmation 11

1. Qu'est-ce que la programmation des activités scientifiques et technologiques? 11
2. A quoi s'applique la programmation des activités S&T ? 14
3. Place relative occupée par la R&D dans le cycle recherche-développement-production 15
4. Le cadre temporel de la programmation 16
5. Les moyens institutionnels de la programmation 17
6. Les approches budgétaires et financières de la programmation 18
7. Quelles difficultés rencontre-t-on lorsque l'on programme des activités scientifiques et technologiques ? 19
8. Quels avantages retire-t-on en programmant les activités S&T ? 21
9. La programmation des activités S&T et les pays en développement 22

Partie II : Le processus de la programmation 23

Introduction 23

1. De la planification à l'exécution des activités S&T - l'action de la programmation et de ses méthodes d'appui 24
   - 1.1 Le cheminement intellectuel de la programmation 24
   - 1.2 La prévision de l'offre scientifique et de la demande socio-économique 28
   - 1.3 Les outils méthodologiques disponibles 29
2. La mise en œuvre de la programmation des activités S&T 29
   - 2.1 Le cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation » (PPBE) 29
   - 2.2 L'algorithme de programmation des activités S&T 36
3. Les tâches principales à effectuer au cours du cycle PPBE 41
   - 3.1 Étude préalable du problème 42
   - 3.2 Programmation proprement dite de la recherche 43
   - 3.3 Exécution de la recherche : expérimentation et développement 44
4. Préoccupations usuelles lors de la programmation 45
   - 4.1 Les problèmes de choix 45
   - 4.2 Les considérations pratiques 46
5. Le processus de programmation dans les pays en développement 56

Partie III : Outils méthodologiques de programmation 59

1. Les fiches techniques des méthodes 59
   1.1 Le regroupement des fiches 59
   1.2 La présentation synthétique des outils de programmation 62
2. Méthodes de programmation des moyens de la R&D -Sélection des programmes/projets de R&D 65
   Fiche a 1 Les listes de contrôle 65
   Fiche a 2 Les ratios et indices de performance 66
   Fiche a 3 Les méthodes issues de l'actualisation 68
   Fiche a 4 Les méthodes matricielles et méthodes multicritères simples 72
   Fiche a 5 La méthode du déclassement comparé 74
   Fiche a 6 L'utilité multiattributs 76
   Fiche a 7 Les méthodes de surclassement, méthodes ELECTRE 78
   Fiche a 8 Les arbres de pertinence 80
   Fiche a 9 Extrapolation de la tendance et courbes enveloppes 83
   Fiche a 10 Les courbes en S et les modèles analogiques 85
3. Méthodes d'appui de la programmation de la R&D - Anticipation des percées scientifiques et technologiques 87
   Fiche b 1 Les scénarios 87
   Fiche b 2 La méthode DELPHI 89
   Fiche b 3 Les matrices d'interdépendance (matrices d'impacts croisés) 91
   Fiche b 4 L'analyse morphologique 92
4. Méthodes de programmation fondées sur l'analyse des systèmes constitués par les programmes de R&D et leur environnement 93
   Fiche c 1 L'analyse factorielle des correspondances 93
   Fiche c 2 L'analyse structurelle 95
   Fiche c 3 La dynamique de systèmes 97
   Fiche c 4 Les méthodes d'analyse stratégique 98
5. Index alphabétique des auteurs et principaux concepts cités 100
   5.1 Quelques conseils pour mieux connaître les documents traitant de la programmation des activités scientifiques et techniques 100
   5.2 Quelques ouvrages généraux 100
   5.3 Quelques adresses 101
   5.4 Index 102

Conclusion 107

Annexes 109

SOCRATE

Examine donc ce que disent sur la nature Hippocrate et la droite raison.
Pour étudier la nature d'une chose, quelle qu'elle soit, ne faut-il pas s'y prendre de cette manière, c'est-à-dire se demander d'abord si la chose qu'on veut connaître méthodiquement et qu'on veut être capable d'enseigner aux autres est simple ou multiple; puis, si elle est simple, examiner ses propriétés, comment et sur quoi elle agit, comment et par quoi elle est effectuée; si, au contraire, elle comporte plusieurs espèces, les dénombrer et faire sur chacune le travail qu'on a fait sur la chose simple, voir en quoi et comment elle agit, en quoi et par quoi elle est affectée ?

PHÈDRE

Apparemment, Socrate

SOCRATE

En tout cas, procéder autrement, c'est marcher à l'aveugle; mais ce n'est pas le fait d'un aveugle ou d'un sourd de traiter avec art d'une chose quelconque. Il est, au contraire, évident que, si l'on enseigne à discourir avec art, on fera voir exactement ce qu'est la nature de l'objet auquel le disciple doit rapporter ses discours, et cet objet, c'est l'âme.

Platon

Partie I

Problématique générale de la programmation

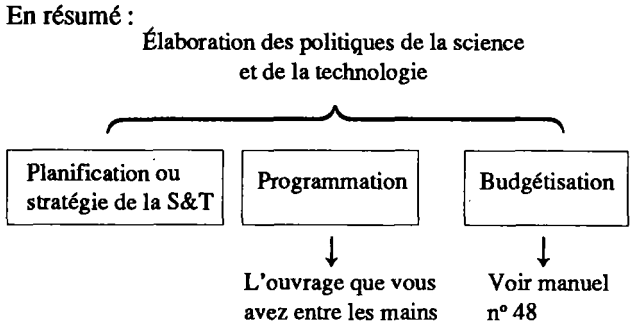
1. Qu'est-ce que la programmation des activités S&T ?

1.1 L'objet de la présente étude se situe entre :

La réflexion générale amont qui consiste à savoir quels sont les grands enjeux internationaux et nationaux en matière scientifique et technologique, quelle pertinence ces enjeux peuvent avoir à moyen et long terme pour le bien-être du pays (quelle « utilité », ils représentent au sens économique du terme), quelles contraintes s'opposent à une réalisation aisée de ces objectifs (contraintes en compétence, en équipe suffisamment nombreuse, en matériel, en financement, en répercussions sociales, politiques, juridiques et économiques).

L'application aval annuelle qui, sous la forme d'un budget, vient s'intégrer dans les intentions d'emploi des recettes nationales fiscales,parafiscales et autres (dont bien entendu le remploi des fonds et de l'épargne privés), et qui sont décrites dans le détail dans le n° 48 de la Collection « Études et documents de politique scientifique » de l'Unesco, intitulé « Manuel de Budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques ».

En résumé :


Élaboration des politiques de la science et de la technologie
Planification ou stratégie de la S&T
Programmation
Budgétisation
L'ouvrage que vous avez entre les mains
Voir manuel n° 48

1.2 Le manuel n° 48, déjà cité, précise dans son chapitre VII (plus particulièrement au paragraphe 7.1.1) le sens des mots employés le plus fréquemment pour distinguer ces notions dont l'ensemble correspond à l'élaboration des politiques (policy-making) en matière d'activités S&T :

La planification (ou « faire un plan ») correspond à une anticipation dans l'espace et le temps, dans une perspective d'avenir certain ou probabilisable.

Les stratégies correspondent à l'utilisation optimale de moyens pour maximiser un ou plusieurs avantages (économique, scientifique, etc.) dans le cadre d'un avenir aléatoire. Indépendantes théoriquement du temps et de l'espace, les stratégies s'inspirent de la théorie des jeux et viennent compléter les réflexions de planification. Elles peuvent parfois s'y substituer en économie capitaliste libérale, ou dans les petits pays.

Dans les pays ayant un système socio-économique décentralisé (marché libre ou économie mixte) la planification est générale et incitative. Elle inclut des stratégies nombreuses pour tenir compte des aléas que constituent pour l'État certains agents économiques (grandes entreprises, établissements financiers et banques, multinationales).

Dans les pays ayant un système socio-économique centralisé, la planification est détaillée et normative (et se rapproche de ce fait de la notion de programmation, la différence essentielle étant la plus grande généralité de la planification et son délai d'application plus long). Dans ce cas, les stratégies sont moins nombreuses, les comportements des agents économiques étant prévisibles. Elles subsistent toutefois pour pallier des aléas (catastrophes naturelles, concurrence internationale...) et indiquent les infléchissements à donner aux orientations planifiées générales.

La budgétisation traduit annuellement en deux colonnes (une colonne financements, une colonne dépenses), les intentions de l'État en matière d'activités S&T à court terme. Assez souvent, mais pas toujours, le budget correspond à une tranche du plan exprimé en programmes.

La programmation, comme cela a été indiqué plus haut, assure le lien entre le plan (ou la stratégie à long terme qui s'y substitue, en cas d'absence de plan) et le budget annuel (qui lui, existe toujours). C'est une tactique de l'emploi des ressources financières (réparties entre plusieurs institutions) pour atteindre le mieux possible et de manière cohérente les objectifs nationaux fixés par l'État (ces objectifs correspondent souvent à des fonctions politiques de l'État). Les programmes sont donc généralement pluri-annuels et pluri-institutionnels. Ils sont parfois révisés annuellement (programmes à horizon glissant).

Le chapitre VIII du manuel n° 48 qui traite du budget de l'État signale dans son paragraphe 8.4.2, la présentation en *budgets de programme* qui consiste à croiser une classification fonctionnelle (nature politique des dépenses de l'État, réparties par grandes fonctions) avec une classification économique (dépenses courantes, dépenses en capital) où sont indiquées les origines des financements. Une telle présentation, complète la présentation traditionnelle et administrative du budget par nature de dépenses, répartition institutionnelle, et parfois modalités financières de réalisation de la dépense.

1.3 Dans la pratique, la confusion entre planification, programmation et budgétisation des activités S&T n'est pas possible car ce ne sont pas les mêmes types d'hommes qui s'en préoccupent.

1.3.1 La planification est de nature essentiellement politique et stratégique. Ce sont des responsables de haut niveau dans le Gouvernement ou dans les sphères socio-économiques les plus élevées qui en définissent les contours, qui prononcent les premiers les termes qui seront retenus plus tard comme objectifs, qui suggèrent les ordres de grandeur financiers, les délais, les institutions éventuelles d'exécution. Bien entendu, ces personnalités n'inventent pas tout cela. Ils ne font que traduire des demandes collectives ou professionnelles, des informations sur la concurrence internationale, des impressions personnelles. Ce sont des preneurs de risques (pour la Nation et, secondairement pour eux) conseillés sur le plan scientifique et technologique par des personnalités au plus haut niveau dans leur pays, et le plus souvent reconnus internationalement par la communauté scientifique. Ce conseil est toujours réalisé par des contacts individuels, entre grands scientifiques et dirigeants, parfois organisé sous la forme de « Comité consultatif de la politique scientifique et technologique » qui vient compléter et rendre cohérents ces contacts individuels.

L'étude de ces derniers est particulièrement pertinente pour la compréhension des fondements de la planification scientifique. Un équilibre s'établit en effet entre les attentes du public, de la société et la manière dont les plus hauts cadres du pays y répondent, enfin les désirs gouvernementaux, nationaux et internationaux de ceux-ci. Par ailleurs, la capacité à répondre, parfois la volonté de répondre des scientifiques les plus éminents, leurs désirs personnels ou d'imitation de collègues étrangers, leur pouvoir de persuasion sont également des paramètres à prendre en considération. Même si elle est traduite par la suite en termes concrets, quantifiés en grandes masses budgétaires, et précises dans le temps, la planification dans ses fondements est essentiellement politique et qualitative. Elle met en scène des personnages et des comités qui conçoivent, prennent des risques et expriment des rapports de force subtils et nombreux.

1.3.2 Il n'en va pas du tout de même de la budgétisation, qui met en jeu des fonctionnaires, des représentants institutionnels, qui ont un rôle d'interprétation et non de conception. Certes, leur niveau hiérarchique peut être relativement élevé, mais le devenir des programmes, leur relatif succès ou échec, restera sans conséquence sur le développement des carrières.

Ce point est essentiel car il marque au-delà des différences de contenus, plus abstraites, l'opposition qui existe entre le monde de la planification, très politique et risqué, où la responsabilité devient vite personnelle, et le monde du budget où la responsabilité est beaucoup plus diffuse consistant à ce que les programmes scientifiques et technologiques ne fassent pas exception aux règles de comptabilité publique, se fondent dans le moule commun des investissements et dépenses ordinaires de l'État et garantissent l'équilibre et le développement cohérent des institutions. Le rôle fondamental des budgétaires est donc de ramener à la normalité des projets qui par nature et origine n'en font pas partie.

Les rapports de force et les conflits existent également dans le domaine de la budgétisation, mais ils sont beaucoup plus économiques, moins idéologiques et stratégiques que dans la planification. Il s'agit ici de discuter les crédits d'investissement et de fonctionnement des institutions, laboratoires et unités S&T, l'ouverture de nouveaux postes, la formation et promotion professionnelles des chercheurs. Cela ne laisse évidemment pas indifférent le milieu scientifique mais la nature des discussions laisse finalement de côté les programmes scientifiques et techniques qui ne servent que de justifications et d'arguments et non d'enjeux, comme c'est le cas pour la planification. Pour le responsable scientifique, cette situation est très pénible à vivre, mais elle est très courante, universelle, et il doit s'y résoudre : il est fort possible qu'à midi, un chef de laboratoire déjeune avec un politique, un « planificateur », ou un rapporteur auprès d'un comité de planification, qu'il réussisse à le convaincre du bien-fondé et de l'avenir des travaux de son laboratoire; à cinq heures, le même scientifique discutera âprement des moyens de son laboratoire pour l'année suivante dans le bureau des responsables du budget, qui feront peu de cas de l'avenir de ses programmes, ayant avant tout le souci de respecter les enveloppes budgétaires, les équilibres catégoriels, et les ratios de progression de certaines dépenses. Notre scientifique sera passé du monde des idées (qui est également le sien, dont il se sent proche) au monde des réalités.

1.3.3 Entre la planification et la budgétisation, les chargés de la programmation pluri-annuelle jouent le rôle de traducteurs et d'adaptateurs. Ils remplissent donc une fonction de service auprès, d'une part, des politiques qui leur demandent de mettre en forme, de rendre compatibles les nouveaux développements scientifiques et technologiques avec les activités traditionnelles du pays et, d'autre part, auprès des budgétaires, gardiens de la règle financière et comptable, qui leur font obligation de la respecter.

Ce rôle d'intermédiaire est ingrat. Il consiste à plaider auprès de chacune des parties les arguments de l'autre, en étant constamment soupçonné de bureaucratisme tatillon et de pessimisme réactionnaire par les planificateurs, de vouloir déroger à la règle commune en faisant jouer des protections politiques, par les budgétaires. Ces deux raisons confondues font que le métier de programmateur est instable. La programmation, contrairement à la planification et au budget, est un lieu de passage, extrêmement enrichissant puisqu'il permet de comprendre à la fois le mouvement des idées et celui des réalisations concrètes. Les hommes qui composent ce milieu sont donc d'origines et de profils très divers et c'est leur hétérogénéité qui identifie le mieux la catégorie professionnelle des programmateurs. On y trouve des représentants du monde scientifique, des budgétaires, des politiques, des régionaux qui assurent une couverture territoriale du pays. Dans tous les cas ces experts sont avant tout un carnet d'adresses dans leur spécialité. Par leur fonction passée, ils peuvent mettre en contact, faire savoir ou faire remonter l'information. La programmation assure la communication entre la planification et la budgétisation. Ce rôle intermédiaire est la caractéristique principale qui la définit le mieux.

1.3.4 Bien entendu, les trois groupes d'hommes qui viennent d'être évoqués rapidement ne forment pas des tribus séparées et antagonistes. Elles travaillent le plus souvent en bonne intelligence et il est fréquent de voir tel ou tel de leurs membres passer d'une catégorie à l'autre. Leurs caractères spécifiques sont toutefois suffisamment nombreux et tranchés pour qu'on ait cru bon devoir les signaler car ils présentent une permanence plus signifiante que les définitions théoriques des termes qui, de surcroît, laissent planer quelques ambiguités au moment de la traduction d'une langue dans une autre.

1.3.5 Une autre approche, constamment utilisée, pour mieux comprendre les différences qui existent entre planification, programmation et budgetisation est de considérer dans chaque cas la place qu'occupent les activités scientifiques et technologiques ayant des finalités militaires.

Pour le budget, il n'y a aucun problème : ce qui est militaire est militaire, c'est-à-dire fait partie du budget des armées, de la défense nationale, dont le contenu fin est de nature confidentielle, à tout le moins réservée, ce qui ne saurait donc laisser entrevoir un quelconque recoupement avec les activités S& T. Celles-ci sont donc traitées à part dans des comptes séparés. En fait, la partie civile des activités S&T est détaillée dans des budgets séparés, la partie militaire (qui équivaut, dans les grandes puissances, à la partie civile et qui la dépasse même parfois) soit n'est pas mentionnée, soit est globalisée dans un poste « autres recherches et activités S&T diverses ».

Pour la planification, au niveau conceptuel et initial auquel on s'est placé jusqu'à présent, il y a au contraire une certaine forme de globalisation des activités de recherche qu'elles soient potentiellement civiles ou militaires, notamment dans les pays développés. Les fonctions de l'État se complètent à ce niveau sous l'influence de la compétition internationale. Celle-ci reste en effet — de très loin — le principal argument qui justifie les dépenses publiques de recherche dans les grands pays scientifiquement avancés. Il est par ailleurs naturel qu'au stade de la planification, on gère plus les compétences des laboratoires que les retombées de leurs travaux. La chimie des engrais est aussi celle des explosifs, la mécanique fine se confond avec l'armement traditionnel, une partie de la biotechnologie avec la mise au point de défoliants nouveaux, et sans parler de l'énergie atomique, des études spatiales, de l'aéronautique civile, des télécommunications et de l'informatique, la science a dans tous les domaines une face éclairée et une face cachée.

Séparer ces deux aspects s'effectue au moment de la programmation, les programmateurs civils n'étant pas les mêmes que les programmateurs militaires. Certes des contacts peuvent exister entre eux pour assurer une certaine cohérence, éviter les doubles emplois, les répétitions les plus onéreuses. Mais leur principale préoccupation sera surtout de ne pas interférer dans le domaine de l'autre, en sorte de conserver à la face cachée un réel anonymat, et à la face éclairée une brillance suffisante pour occuper tout le champ visuel.

Un peu à la manière de la liqueur de tournesol qui permet d'identifier les acides et les bases, les activités S&T militaires facilitent la compréhension du domaine de l'étude :

Elles sont liées indissolublement aux autres fonctions de l'État au niveau de la planification, qui retiendra plus les compétences (réciproquement les insuffisances et les lacunes) scientifiques et technologiques que les domaines d'application comme critères de décision;

Elles permettent de séparer les applications correspondant aux besoins internes de la population des applications de défense et d'enjeux internationaux au moment de la programmation, qui va compléter la planification (parfois ira jusqu'à prendre son nom);

Elles sont totalement séparées, au stade de la budgétisation, des activités S&T officielles qui retiennent seulement les aspects civils de la recherche et les institutions qui leur correspondent.

1.4 La distinction qui existe entre la programmation d'une part, la planification et la budgétisation d'autre part, étant maintenant suffisamment ébauchée une tentative de définition de la programmation des activités S&T, mise au point par les services de l'Unesco, peut-être proposée :

La programmation des activités S&T est principalement un acte de prévision et secondairement une référence pour la gestion. Elle n'enferme pas les autorités de gestion dans un cadre d'exigences, mais fournit des indications ou des orientations préférentielles. Elle a pour objet :

a) de suivre, sur la base d'une information précise, quantifiée et tenue à jour, l'évolution des situations réelles dans les divers secteurs et sous-secteurs scientifiques, d'en dégager et d'en mesurer les tendances;
b) d'extrapoler ces tendances afin de construire une prévision de l'état probable des divers secteurs à moyen terme, par exemple à 3 ans ou 5 ans;
c) de confronter cette prévision avec les objectifs culturels, économiques et sociaux que le Gouvernement assigne au développement de la science;
d) de déduire de cette confrontation les éléments de réussite, les lacunes ou carences localisées ou les risques d'échec que l'évolution de l'appareil scientifique comporte;
e) de signaler ces facteurs à toutes les autorités de gestion, assurant la tutelle des laboratoires, centres de recherche et de développement technologique, afin que chacune puisse en tenir compte au niveau de ses propres responsabilités;
f) de suggérer, dans l'avis budgétaire annuel, les mesures à prendre au plan financier afin que chacune des autorités de gestion dispose des moyens de prendre les mesures que la situation de son secteur requiert.

La programmation est globale par nature, pour la raison que chacune des autorités de gestion dispose d'une part seulement des leviers de l'action et est donc tributaire d'une coopération ou coordination correctement proportionnée avec les autres autorités de gestion, assurant une tutelle dans le même secteur ou dans un secteur complémentaire.

Chaque autorité de gestion doit donc être tenue au courant des actes accomplis et des objectifs poursuivis par les autres (crédits et leur évolution, disponibilité des hommes, des équipements, information scientifique et technologique, délais et échéances), dans la mesure où ces actes et ces objectifs font naître un besoin nouveau ou accru, au niveau de ses propres responsabilités. Ces informations doivent être groupées, pour pouvoir être totalisées sans omission ni double emploi, sous tous les rapports de complémentarité qui apparaissent [1].

En pratique, la programmation requiert une participation suivie des milieux intéressés pour discuter et commenter les prévisions sectorielles et pour établir les objectifs à recommander aux autorités de gestion.

Elle implique également la rencontre fréquente des autorités de gestion et la coordination de leurs activités, afin qu'elles s'accordent sur les objectifs globaux tels qu'ils résultent de la confrontation des travaux de planification et des objectifs sectoriels qui leur correspondent, des implications budgétaires

1 On consultera avec profit sur ce sujet le « Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technologique national » publié sous le numéro 67 dans la Collection « Études et documents de politique scientifique » de l'Unesco, Paris, 1987.

qui en résultent pour le Gouvernement et le Parlement, du calendrier de réalisation qu'il leur est possible d'observer.

Telles sont les tâches de la programmation qui requièrent à la fois des méthodes pour prévoir, sélectionner, analyser les systèmes complexes (voir partie III de ce rapport) et un bon usage de la communication dans les processus mis en œuvre (voir partie II).

2. A quoi s'applique la programmation des activités S&T?

Par activités scientifiques et technologiques, on entend des types de travaux très divers qui sont précisés dans le § 5.3 du manuel n° 48, et qui seront succinctement rappelés ci-après :

2.1 *La recherche fondamentale*, sans finalité précise à court terme, est assez imprévisible. Ni la planification, ni la programmation sont pour cette raison très pertinentes pour son devenir. Elles s'en préoccupent cependant en vérifiant que les compétences indispensables sont bien réunies dans le pays et que l'enveloppe budgétaire, globalisée pour la recherche fondamentale, sans souci d'affectation à des programmes précis, est suffisante en montant et en part relative vis-à-vis d'autres dépenses de R&D.

Il est tout aussi dangereux pour une Nation de manquer d'historien de qualité, que de théoricien en thermodynamique par exemple. C'est donc le plus souvent en partant des disciplines et des arts (au sens arts et métiers), que la programmation s'assure que les travaux de base en matière de recherche et de technologies sont de niveau acceptable eu égard aux progrès effectués à l'étranger dans des domaines comparables. La programmation n'est donc généralement pas trés détaillée lorsqu'elle concerne la recherche fondamentale et s'attache le plus souvent à décrire l'effort à effectuer en le décomposant par disciplines. On peut même avancer que la programmation orientée-disciplines est typique de la recherche fondamentale.

2.2 *La recherche appliquée* est orientée vers des objectifs de production de biens et services à court et moyen terme; elle a, en général, pour une période considérée, peu de points communs avec la recherche fondamentale qui est effectuée durant la même période. Dans certains cas, d'ailleurs assez nombreux, la recherche appliquée, ou plutôt finalisée, s'élabore directement sans recours à des résultats fondamentaux préalables. C'est souvent la recherche fondamentale qui vient expliquer et justifier ex post des résultats acquis par une démarche de recherche appliquée, que l'on peut d'ailleurs dans la plupart des cas qualifier de recherche industrielle, agricole ou médicale.

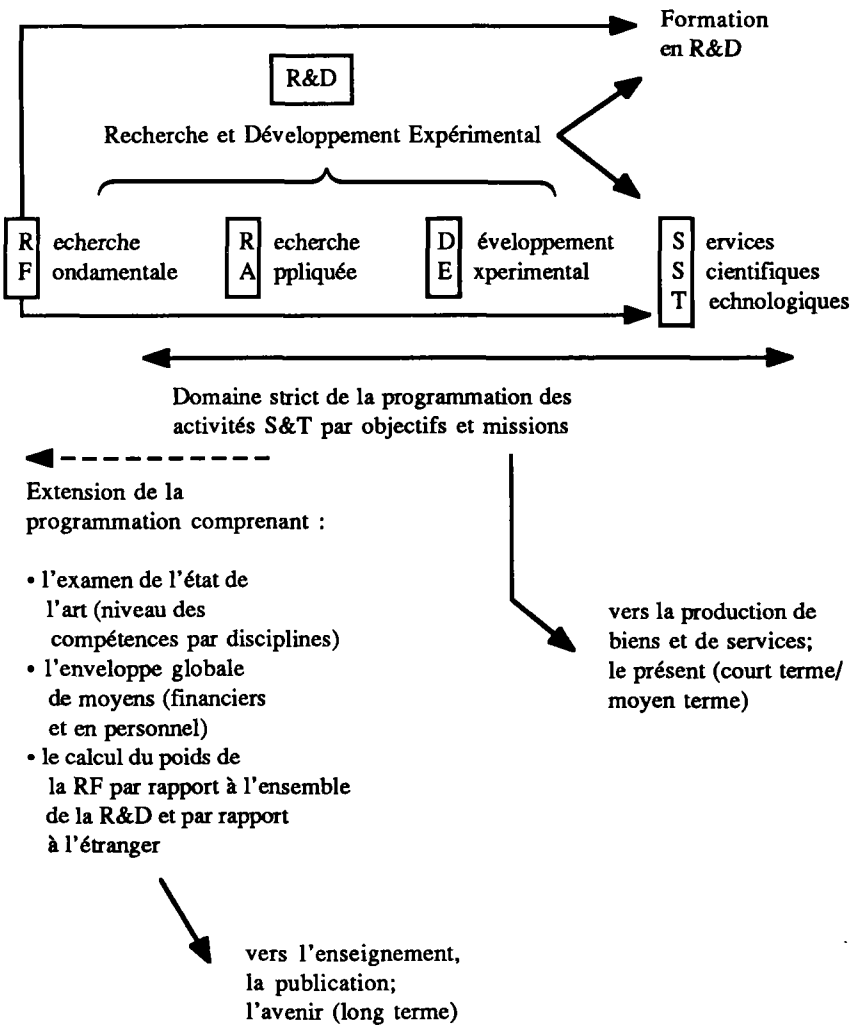

Formation en R&D
R&D
Recherche et Développement Expérimental
R echerche F ondamentale
R echerche A ppliquée
D éveloppement E xperimental
S ervices S cientifiques T echnologiques
Domaine strict de la programmation des activités S&T par objectifs et missions
Extension de la programmation comprenant :
• l'examen de l'état de l'art (niveau des compétences par disciplines)
• l'enveloppe globale de moyens (financiers et en personnel)
• le calcul du poids de la RF par rapport à l'ensemble de la R&D et par rapport à l'étranger
vers la production de biens et de services; le présent (court terme/ moyen terme)
vers l'enseignement, la publication; l'avenir (long terme)

Figure 1

C'est pour cela que la programmation, art de conduire et gérer les entreprises, s'applique particulièrement bien à la recherche appliquée qui constitue son domaine d'élection. En somme, la recherche appliquée est toujours orientée-missions et se distingue en cela de la recherche fondamentale qui n'a pas d'objectifs économiques et sociaux précis. Négliger cette dernière en concentrant tous les crédits sur la recherche appliquée risquerait à la longue de tarir la recherche appliquée, faute d'explications et d'idées nouvelles à exploiter. C'est un peu comme si on omettait de remplir la citerne d'irrigation en prévision de la saison sèche. Inversement, développer la recherche fondamentale sans pour autant charger des équipes de recherche appliquée d'en valoriser les résultats revient à augmenter la taille de la citerne et la tenir éloignée des terres cultivables. En accumulant l'eau sans pouvoir l'utiliser, on risque en outre de la faire croupir... Bref, il y a un équilibre à trouver entre la programmation orientée-diciplines et la programmation orientée-missions.

2.3 *Le développement expérimental* résulte quant à lui des résultats acquis par la recherche appliquée et fait la transition entre cette recherche et la production en série. C'est une phase de mise au point et de préparation de prototypes. Lien indispensable avec la production industrielle, le développement expérimental met en jeu des budgets financiers (équipements et ressources humaines) beaucoup plus importants que la recherche appliquée. Des systèmes de gestion, de suivi et de contrôle accompagnent toujours le développement d'usines-pilotes ou de prototypes; ils viennent préciser et prolonger les travaux de programmation entrepris pour la recherche appliquée.

Recherche fondamentale, appliquée et développement expérimental sont souvent désignés par l'expression plus globale *de recherche et développement expérimental* (R&D) (cf. § 10.2.3 manuel n° 48)

2.4 Cette notion s'accompagne le plus souvent *d'activités connexes* :

La formation en R&D de scientifiques et technologues;

Les services scientifiques et technologiques (SST) qui recouvrent les essais, la normalisation, la métrologie, le contrôle de qualité, la collecte et le traitement de données scientifiques, les collections scientifiques et technologiques, la diffusion de la documentation et des données scientifiques, la vulgarisation, la consultation scientifique et l'assistance technique, le dépôt et l'enregistrement des brevets et licences, etc.

En tant que de besoin, la programmation des activités S&T inclut tout ou partie de ces services, leur donnant l'importance que requiert le problème à traiter. Un petit schéma peut résumer ces diverses considérations (voir fig. 1).

3. Place relative occupée par la R&D dans le cycle recherche-développement-production

3.1 Le tableau 1 essaie symboliquement de montrer les positions relatives des diverses activités de R&D qui viennent d'être décrites selon des critères de style d'administration à recommander, de probabilité de succès d'aboutissement, de montants financiers mis en jeu, de risque pris par des décideurs ou des autorités responsables. De ces considérations sont déduits les moyens administratifs affectés à chaque catégorie d'activité.

3.2 A l'amont de la gestion industrielle *stricto sensu*, la programmation des activités, pour un secteur donné, nécessite des moyens administratifs moindres (environ 4 fois moins grands que pour l'industrie). Un tel résultat, qu'il faut retenir dans son esprit et non à la lettre, découle à la fois de l'observation empirique et de la prise en considération de deux éléments qui agissent contradictoirement :

i) La probabilité de succès d'une recherche (fondamentale et appliquée) est moindre que la mise au point technique (développement) d'une production industrielle de série ou que la mise en route de cette production.

Tableau 1

Nature des activités	Recherche fondamentale	Recherche appliquée	Développement expérimental (prototype, pré-série)	Production industrielle (série)
Style d'administration à recommander	Programmation des moyens	Programmation des objectifs et moyens		Méthodes de gestion industrielle
Ordre de grandeur de la probabilité de succès	0,01	0,1	0,3	0,7
Montants mis en jeu	0,1	1	10	100
Ratio « risque » = montants/probabilité succès	10	10	30	150
Moyens administratifs correspondants	1	4		15

ii) Les montants mis en jeu (investissements et fonctionnement) pour chacune des catégories d'activité retenues constituent le second élément. Un ordre de grandeur sépare le plus souvent la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental. Bien entendu une telle observation diffère largement d'un secteur industriel ou d'une discipline scientifique à l'autre. Mais en règle générale, une recherche bien conduite est relativement bon marché, un développement expérimental ayant pour but la production (et non pas seulement la démonstration de factibilité, qui n'a aucun sens économique) est très onéreux. De la même façon, un ordre de grandeur sépare les dépenses de développement d'un prototype, des dépenses de mise en route d'une production de série. Une telle règle de croissance logarithmique des montants mis en jeu ne doit toutefois être retenue que pour garder à l'esprit des différences essentielles, et non pour retenir des données chiffrées qui s'avèreraient fausses sur un exemple précis.

Le rapprochement de ces deux éléments qui caractérisent les activités de R&D, leur probabilité de succès et les montants économiques mis en jeu, sous la forme d'un ratio « risque » faisant le rapport de l'un à l'autre, conduit à positionner le poids relatif de la programmation vis-à-vis des autres préoccupations économiques des responsables publics. L'affectation de personnels administratifs, la création de services les regroupant, les moyens dont ils disposeront seront globalement dans des proportions équivalentes.

3.3 Une réflexion analogue permet de positionner la recherche fondamentale, dont la probabilité de succès est d'un ordre de grandeur très faible mais dont les montants financiers mis en jeu restent modestes, par rapport à la recherche appliquée. Bien entendu, pour certains domaines de la recherche fondamentale (la physique des hautes énergies par exemple), le poids des grands équipements de recherche est très onéreux, et cela infirme cette dernière constatation. Pour l'ensemble des domaines et disciplines de la science et de la technologie, elle reste cependant valable et l'on peut dire qu'en général les moyens affectés au management de la recherche fondamentale sont beaucoup plus mesurés (environ 4 fois) que ceux qu'il convient de consacrer au management de la recherche appliquée.

4. Le cadre temporel de la programmation

Deux catégories doivent être distinguées :

Les Services scientifiques et technologiques (SST) qui sont des activités continues et permanentes;

La Recherche et le Développement expérimental (R&D) qui s'inscrivent dans une période de programmation à définir.

4.1 Période de programmation de la R&D

La période de temps que doit retenir la programmation des activités de R&D résulte généralement de la prise en compte de deux types de contraintes :

La durée propre des recherches dans les secteurs considérés;

Les contraintes institutionnelles telles que la périodicité annuelle des budgets (l'année sera presque toujours choisie comme unité de mesure du temps pour cette raison), les échéances électorales (changement de gouvernement et donc, éventuellement, de politique scientifique et technologique), les échéances administratives ou financières pour les programmes internationaux de R&D.

C'est le délai le plus court, c.-à-d. celui lié aux contraintes institutionnelles, qui est usuellement retenu comme la durée du programme.

Les recherches appliquées et leur développement expérimental durant de 6 à 10 ans pour la plupart, il n'est pas rare de les voir administrer par deux à trois « programmes » de trois à cinq ans.

Certes, un seul programme correspondant à la durée de l'objet étudié, c'est-à-dire une dizaine d'années, serait plus rationnel. Mais le changement éventuel d'interlocuteurs au cours de cette période reste un facteur primordial de compréhension de la portée de la programmation. Si le décideur change, la programmation — même si elle ne change pas dans ses grandes lignes — lui est toujours soumise pour examen.

Dans la pratique, on retiendra qu'il n'est pas raisonnable d'élaborer une programmation des activités de R&D pour une période de moins de trois ans (y compris l'exercice budgétaire en cours), c'est-à-dire n'impliquant pas au moins la structure des deux budgets à venir.

Si une échéance politique majeure est prévue à plus court délai, il convient de repousser les travaux de programmation qui ne feront que perturber le travail des scientifiques et technologues.

4.2 La procédure de « loi de programme »

Dans la mesure du possible, la programmation de la R&D est plus efficace lorsqu'elle prend en compte une période longue, plus de cinq ans par exemple. Dans le cas de stabilité décisionnelle, des évènements économiques peuvent néanmoins venir remettre en cause les engagements pris au moment de l'élaboration initiale de la programmation. Une astuce procédurière bien connue en démocratie parlementaire consiste à faire acter ces engagements par voie législative, en transformant la programmation en loi de programme pour la durée (cinq ans ou plus) jugée convenable. Cela revient à réserver d'avance les moyens budgétaires, indispensables durant cette période et à rendre difficile toute modification d'un tel engagement législatif, le Gouvernement étant obligé de revenir devant le Parlement avec toutes les contraintes et les inconvénients que cela peut comporter.

Une telle démarche, qui assure aux programmes de R&D une réalisation sur une longue période est généralement réservée aux réalisations stratégiques du Pays (Défense nationale, Energie, Télécommunications, notamment).

5. Les moyens institutionnels de la programmation

La remarque sur la procédure de la loi de programme qui vient d'être faite à propos des délais de validité de la programmation amène à quelques réflexions sur les moyens institutionnels dont disposent usuellement les activités de programmation de la R&D.

5.1 Le manuel n° 48 dans son paragraphe 7.2.4 insiste sur la cohérence devant exister entre les méthodes, procédures et instruments de programmation des activités S&T et :

Les méthodes, procédures et instruments existants de décision publique (en incluant leurs perspectives d'évolution);

La programmation budgétaire générale (budget de l'État) et le Plan national de développement, lorsqu'il existe;

L'approche fonctionnelle de la décision publique qui appréhende plus efficacement les négociations, les finalités et certains domaines nouveaux de nature intersectorielle ou horizontale.

D'une manière générale, la programmation par l'État des activités S&T du pays est soit concentrée dans une Administration centrale (Ministère ou Comité d'État de la science et de la technologie, Délégation générale à la recherche, Services du Premier Ministre etc.), ce qui est à tous points de vue la meilleure solution, soit rattachée à un Ministère dont l'objet principal est autre (Ministère de l'enseignement supérieur, du plan, de l'industrie, etc.) sous forme d'un Secrétariat d'État. Dans certains pays, la programmation est confiée à une administration consultative desservant un Conseil national de la politique scientifique et technologique, voire même un Conseil national de la recherche ou autre groupe académique.

Dans tous les cas les institutions auxquelles s'adresse le service de programmation des activités S&T sont multiples, diverses, très déconcentrées, puisqu'elles recouvrent des réalités très différentes :

- publiques et privées;
- civiles et militaires;
- générales et locales;
- régionales, nationales, internationales;
- diversifiées par disciplines scientifiques et par savoirs technologiques;
- diversifiées par secteurs industriels et économiques;
- mettant en jeu des catégories de personnels de recherche très séparées : enseignants-chercheurs, chercheurs individuels non salariés, institutions scientifiques de l'État ou de collectivités locales, groupes de recherche industriels, etc.;
- financières et juridiques.

5.2 Les rapports entretenus entre ces deux catégories d'institutions, centrales d'une part, déconcentrées, périphériques d'autre part, sont résumées dans le tableau 2, selon qu'elles sont politiquement et financièrement relativement fortes ou faibles.

Chacune des quatre cases du tableau 2 possède ses avantages et inconvénients propres.

La case 1, la plus fréquente dans les économies de marché ou mixtes met en prise une administration centrale forte et des institutions périphériques puissantes. Les compromis qui en résultent nécessitent le plus souvent une participation financière de l'État pour les garantir. Cet inconvénient (risque inflationniste et rôle pervers des subventions) est contrebalancé par le dynamisme qui résulte des confrontations continuelles de pouvoirs. Dans le domaine S&T où les changements d'orientation sont plus payants que la poursuite d'activités routinières, on doit insister sur ce dernier aspect.

La case 2, correspond assez bien aux économies planifiées. Très efficace du point de vue de la répartition économique des possibilités d'actions collectives, ce système de programmation présente l'inconvénient d'une certaine rigidité, l'information descendante (sous forme de directives et d'objectifs) empêchant souvent l'information remontante spontanée de s'exprimer. Certaines opportunités peuvent ainsi être gâchées au détriment de l'efficacité générale finale.

La case 3, indique une situation d'économie très libérale où le pouvoir de l'État central se limite à un commentaire et à des indications de tendances, l'essentiel des décisions engageant

Tableau 2

INSTITUTIONS PERIPHERIQUES	GROUPE DE PROGRAMMATION ET DE COORDINATION CENTRAL	
	FORT	FAIBLE
FORTES	1. Négociations; nécessité pour l'État de disposer de crédits incitatifs pour orienter la S&T	3. Le groupe de programmation est un observatoire économique et statistique des activités S&T; il émet des prévisions de tendances indicatives.
FAIBLES	2. Directives; les institutions périphériques exécutent un programme ou un plan pluri-annuel	4. Échange de rapports et d'études sur les intentions d'orienter les activités S&T entre les échelons centraux et périphériques concernés

l'avenir à moyen terme étant prises par des institutions de recherche sectorielles et localisées. Régulée par le marché (et donc à très court terme) cette situation est stable si le marché est suffisamment vaste, diversifié, et en constant renouvellement. Si tel n'est pas le cas, la situation peut devenir très déséquilibrée, privilégiant les secteurs et disciplines rentables et traditionnels au détriment des autres. Il peut en résulter un affaiblissement et une vulnérabilité pour le pays.

La case 4, présente évidemment plus d'inconvénients que d'avantages, l'ensemble des parties en présence étant faible. Cette situation se rencontre assez fréquemment dans les pays en développement ou dans des secteurs délaissés, à faible valeur ajoutée (par exemple l'artisanat, les industries primaires...) dans certains pays à haut niveau de vie. L'activité de programmation se caractérise alors par des échanges de notes, rapports, études entre les institutions sans que des décisions, engagements financiers, modifications de structure viennent les étayer. Tout se passe dans un espace virtuel d'arguments et de prévisions.

Cette situation ne présente toutefois pas que des inconvénients. Elle permet un rodage des institutions sans que des erreurs financièrement dramatiques soient commises. Elle provoque dans les Pouvoirs publics une prise de conscience de l'importance relative des activités S&T (et non de l'importance tout court : la R&D essentielle à moyen et long terme, est un coût pour la collectivité à court terme et ne permet nullement de répondre à ses besoins les plus urgents).

5.3 Quel équilibre entre institutions centrales et périphériques doit-on recommander pour favoriser une programmation efficace des activités S&T?

Cette question n'a guère de sens en pratique, mais il convient de la poser car elle vient naturellement à l'esprit. Dans un pays quelconque, dont l'économie est développée ou non, l'État hérite d'une situation qui est, selon les secteurs et disciplines, une combinaison linéaire des quatre cases du tableau précédent.

$$S = \alpha\, C1 + \beta\, C2 + \gamma\, C3 + \delta\, C4$$
$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$$

Selon les objectifs primordiaux qu'il se sera fixé, les possibilités de changement, les contraintes qui pèseront sur lui, l'État s'efforcera de modifier au moins l'un des coefficients, généralement α ou β, parfois les deux. Dans certaines situations, notamment pour les produits de grande consommation à l'échelle internationale, le marché l'emportera (le coefficient γ croît alors). Parfois enfin, l'attentisme sera la règle (coefficient δ). Dans tous les cas, la décision qui sera prise ou qui s'imposera ramènera le problème de la recherche à sa dimension réelle du moment.

6. Les approches budgétaires et financières de la programmation

6.1 Le chapitre VII du Manuel n° 48, et plus particulièrement les paragraphes 7.1.3 (méthodes d'aide à la décision) et 7.2.3 (les expériences de rénovation budgétaire) passent en revue les divers instruments disponibles pour donner une forme convenable et mener à bien la programmation des activités S&T :

budgets pluri-annuels;
budgétisation par programmes et par fonctions;
contrôle et évaluation (audit) des activités financées;
amélioration des données budgétaires ayant trait aux activités S&T;
agrégation des comptes pour l'acquisition d'une vue globale de l'effort national de R&D.

On a évoqué précédemment (cf. supra § 1.2) l'existence des budgets de programme [1]. Ceux-ci s'inspirent et s'intègrent bien aux procédures de rationalisation des choix budgétaires, encore connues sous les termes de Planning-Programming-Budgeting-System (ou PPBS), de Management by Objectives (ou MBO) ou d'Output Budgeting (ou budget de produits) (cf. manuel n°48 § 7.2.3).

La programmation des activités S&T ne peut s'effectuer aisément par reconduction des dépenses et recettes précédentes (budgets cumulatifs). Elle correspond bien au contraire à la démarche du Budget base zéro (ou BBZ) qui retraduit chaque année la totalité des crédits de chaque programme en fonction de leur priorité et de leur efficacité [2].

Faisant le lien avec la budgétisation, l'ensemble de ces techniques de traitement et de présentation de l'information budgétaire nécessite d'une part l'existence d'une telle information, d'autre part l'emploi préalable d'outils méthodologiques de programmation qui vont aider les décisions, sous la forme de calculs économiques classiques (coût/efficacité), de méthodes de sélection de projets, de techniques de prévision, d'analyses de systèmes (voir les parties II et III du présent rapport).

Le manuel n° 40 de l'Unesco fournit ainsi un exemple détaillé d'une méthode de détermination des priorités dans le domaine S&T en utilisant des matrices de pertinence [3].

6.2 Dans la pratique, l'insuffisante communication entre institutions des données indispensables au fonctionnement de telles méthodes et approches constitue le frein principal à leur utilisation.

Des approches négociées (cf. manuel n° 48 § 7.1.3) pallient ce manque de chiffres par la recherche de consensus parmi les acteurs sociaux et économiques qui peuvent peser sur les décisions. Des enquêtes d'opinion, des études socio-économiques, l'organisation de structures de participation (du milieu scientifique, des usagers, d'autres ministères et administrations, etc...) permettent de compléter les réflexions sur la programmation et de garantir leur réalité et leur représentativité des souhaits collectifs. Ces approches négociées permettent également de débloquer des situations de rétention d'information quantitative, courantes dans l'exercice des rapports de force entre institutions. Très fréquemment la participation est la compensation accordée à l'obtention de données économiques ayant une nature budgétaire.

6.3 En résumé, la séquence des opérations de mise en œuvre des instruments budgétaires de programmation peut être représentée, par exemple, par la figure 2.

1 Détaillés au § 8.4.2 du manuel n° 48.

2 Voir l'annexe 1 bibliographique du manuel n° 48.

3 Méthode de détermination des priorités dans le domaine de la science et de la technologie. Enquêtes Unesco/UNACAST sur les

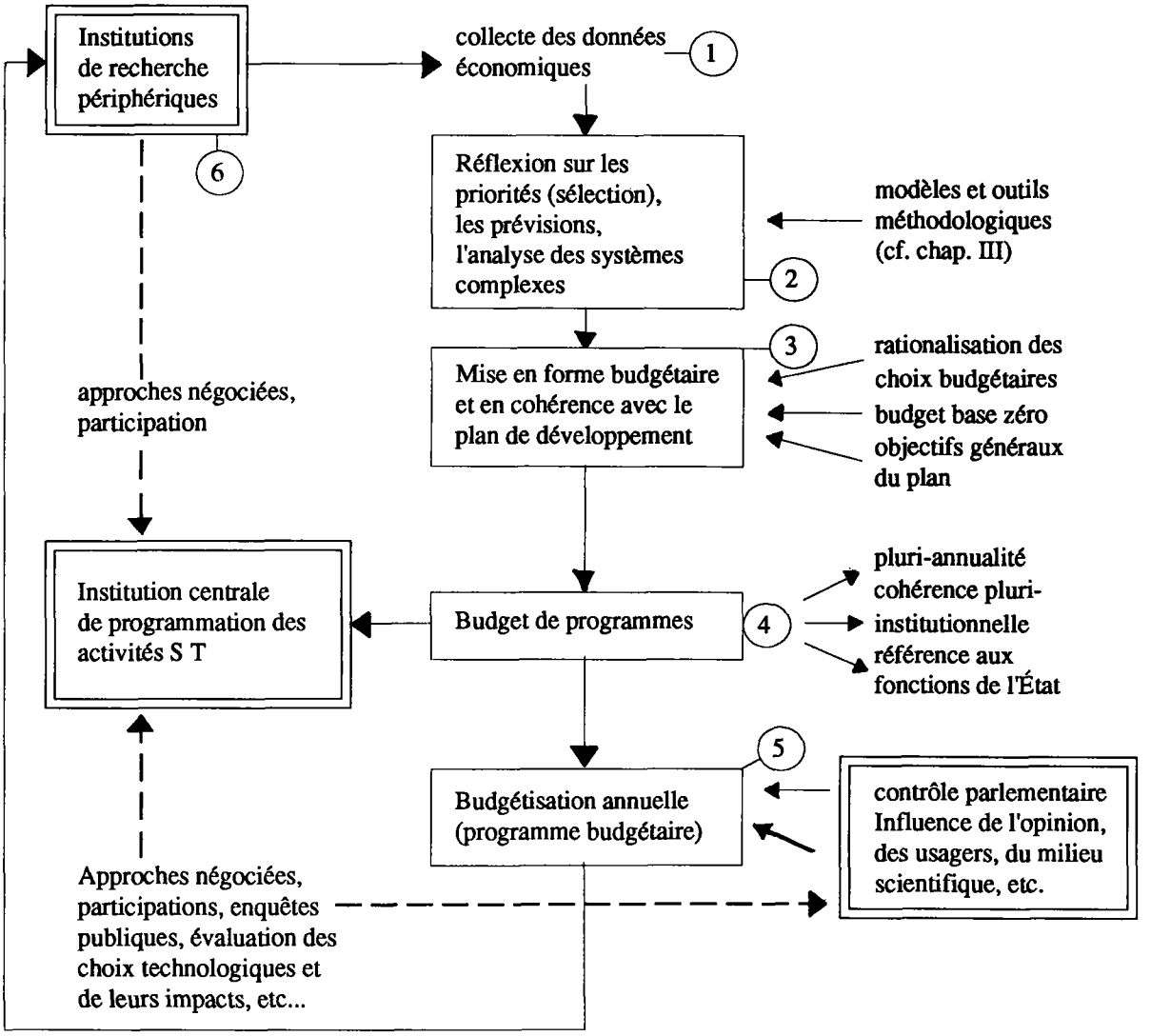

Institutions de recherche périphériques
collecte des données économiques
1
Réflexion sur les priorités (sélection), les prévisions, l'analyse des systèmes complexes
modèles et outils méthodologiques (cf. chap. III)
2
3
rationalisation des choix budgétaires
budget base zéro
objectifs généraux du plan
Mise en forme budgétaire et en cohérence avec le plan de développement
6
approches négociées, participation
Institution centrale de programmation des activités S T
Budget de programmes
4
pluri-annualité
cohérence pluri-institutionnelle
référence aux fonctions de l'État
5
Budgétisation annuelle (programme budgétaire)
contrôle parlementaire
Influence de l'opinion, des usagers, du milieu scientifique, etc.
Approches négociées, participations, enquêtes publiques, évaluation des choix technologiques et de leurs impacts, etc...

Figure 2

Pour fonctionner correctement, l'Administration centrale de programmation doit s'assurer que :

les budgets de programme ④ qu'elle élabore se traduisent effectivement en budgets annuels ⑤, répercutés aux institutions de recherche ⑥;

la collecte des informations ①, la sélection des priorités ② et leur expression budgétaire ③ sont correctement menées.

7. Quelles difficultés rencontre-t-on lorsque l'on programme des activités scientifiques et technologiques?

Expliquer comment programmer dans la pratique (et non seulement pourquoi ou dans quel but) est l'ambition de ce paragraphe.

Pour cela, les difficultés courantes que l'on rencontre le plus souvent vont être énumérées; elles ne constituent pas des obstacles infranchissables.

7.1 Il n'y a pas de données : tout laisse penser qu'il y a rétention d'informations; il n'est pas possible de faire le point sur l'état présent des dépenses, des recettes, des effectifs, des équipements. Les lettres et démarches restent sans réponse.

Beaucoup d'énergie doit être dépensée dans ce cas. Selon les possibilités :

faire faire un audit par une administration ou un bureau d'étude extérieur;

créer une commission d'étude sur le domaine scientifique concerné;

négocier la participation aux décisions des institutions intéressées;

bloquer le budget de fonctionnement et les recrutements;

inventer par analogie les données chiffrées manquantes en sorte d'engager vos interlocuteurs et les faire réagir.

Quel que soit l'expédient utilisé, ne jamais laisser pourrir la situation. Sans données régulièrement obtenues, aucun recoupement et aucune programmation sérieuse ne sont possibles. Dès que celles-ci sont disponibles, il est par contre utile de les traiter en vue de la programmation des activités

(note 3 cont.)besoins institutionnels des pays en voie de développement dans ledomaine de la science et de la technologie. Série « Études et documents de politique scientifique », n° 40, Unesco, Paris, 1977. Voir également les travaux présentés lors du séminaire Unesco sur l'évaluation des méthodes de détermination des priorités dans le domaine de la science et de la technologie (Paris, 27-30 sept. 1983).

scientifiques et technologiques nationales. Une méthode simple, efficace et informatisée de collecte des données nécessaires à la programmation a été mise au point et publiée par l'Unesco en 1987 sous le n° 67 dans la Série « Études et documents de politique scientifique » sous le titre « Inventaire du potentiel scientifique et technologique national».

7.2 Les unités de recherche sont floues et les thèmes de recherche sont mal définis

La séparation des activités S&T en recherche fondamentale, recherche appliquée et développement expérimental est une chose, le fait de désigner telle ou telle activité comme faisant partie de cet ensemble en est une autre.

a. La voie la plus facile (et la moins intelligente) est institutionnelle. Sont réputées être des recherches les activités déployées par les institutions qui émargent aux budgets de recherche. Si cela est vrai dans la majorité des cas, cela est loin de l'être dans tous. Les équipes vieillissent, les thèmes de recherche aussi. Et le seul recours à cette approche entraîne un manque d'efficacité croissant de l'appareil de recherche au bout de quelques années. Cette situation est aggravée par le fait que de très nombreuses et importantes activités nouvelles se sont développées à l'extérieur du cadre retenu par la programmation, qui finit par gérer l'inessentiel.
b. une voie plus complexe et représentative est d'utiliser une nomenclature des domaines de la science et de la technologie (voir notamment celle présentée en annexe du manuel Unesco n° 40, cité plus haut) qui permet d'identifier et de définir les divers travaux R&D quelle que soit leur origine institutionnelle, en se servant des diverses rubriques de cette nomenclature comme critère d'appréciation.
c. enfin, la voie la plus efficace est de combiner les deux approches précédentes avec une solide connaissance des hommes qui constituent le milieu S&T et de suivre leurs travaux et leur carrière. L'approche par les hommes des travaux de recherche-développement est complémentaire de l'approche classique par les thèmes de recherche, enrichit souvent cette dernière et permet une meilleure compréhension de son évolution. A cet égard, la méthodologie d'Inventaire du potentiel scientifique et technologique de l'Unesco est fondée sur l'utilisation de trois questionnaires informatisés concernant respectivement:

- les Unités de recherches S&T (les « équipes »);
- les Projets de R&D (et notamment les « thèmes » de recherche);
- les travailleurs scientifiques et technologiques, et en particulier les chercheurs scientifiques.

On pourra constater, de ce point de vue, que le passage d'une personnalité scientifique d'une équipe à une autre est souvent plus signifiant que le lancement d'un nouveau programme par une administration ou un comité [1].

En matière de programmation, il faut toujours essayer de coller au terrain, de s'appuyer sur ceux qui savent faire, qui sont compétents, et non sur ceux qui désirent faire, ou qui désirent faire faire.

1 Voir à ce sujet les travaux sur les citations multiples (« citation index ») obtenues à travers le dépouillement des annexes bibliographiques des articles S&T.

7.3 Les délais des recherches sont trop longs et dépassent la période de temps choisie pour la programmation de la R&D

Exiger pour les recherches un plan de développement tenant compte de la périodicité de la programmation.

Fixer, au cours de la période programmée, une échéance d'examen et de contrôle des activités de recherche en cours, en indiquant en début de programme quels seront les critères utilisés pour poursuivre ou arrêter le programme. Une telle procédure est indispensable, notamment pour les très longs programmes de recherche qui peuvent parfois dévier, végéter ou péricliter. Le désinvestissement en matière de R&D se gère comme le lancement de nouveaux programmes.

Un bilan annuel : $\frac{\text{nouvelles activités S\&T}}{\text{activités arrêtées}}$

constitue d'ailleurs un excellent indicateur de dynamisme.

7.4 Le contrôle des activités de R&D s'avère difficile, voire impossible

En fait, vouloir contrôler les travaux de recherche est souvent une gageure. Comme on le verra dans la partie II de cette étude, beaucoup de travaux sont effectués « en perruque », c'est-à-dire en dehors du cadre fixé par la programmation. Il ne faut surtout pas empêcher un tel travers car il est scientifiquement très productif. Il serait par contre dangereux de l'officialiser, car on ne ferait que déplacer le problème en l'amplifiant, ce qui rendrait illusoire la notion même de programmation. Le contrôle des activités S&T doit être effectué avec souplesse et intelligence. Ce n'est pas le contrôle qui fait la bonne recherche. Il convient donc d'éviter de bloquer tous les degrés de liberté afin de ne pas stériliser le milieu. Le fait de multiplier la nature des contrôles est extrêmement dangereux. A titre d'exemple, le fait de faire peser sur une institution scientifique et ses unités de recherche un contrôle budgétaire décomposé par programmes, sur les dépenses de fonctionnement un contrôle sur le temps d'utilisation des équipements et un contrôle sur l'affectation du temps des chercheurs aux diverses recherches en cours, ne laisse aucune liberté ou initiative et fait rapidement péricliter la recherche.

La difficulté du contrôle de la recherche n'est cependant pas un argument qui empêche sa programmation.

7.5 Les résultats des recherches sont immatériels et difficiles à apprécier

Beaucoup d'activités de R&D ne débouchent pas directement sur un produit aux caractéristiques précises. Parfois le résultat est un accroissement de compétence, de savoir technique, sans que celui-ci donne lieu à une fabrication ou à une diffusion vers le marché ou la société. Parfois, il n'y aura aucun résultat qualitatif de cet ordre, mais les travaux effectués constitueront une contribution indispensable à l'avancement d'une autre recherche ou au développement d'un domaine technologique totalement différent. Parfois, aucun résultat tangible ne sera acquis, mais cet échec sera difficile à démontrer. Le secteur

R&D (et c'est particulièrement vrai pour la recherche fondamentale, où la notion de succès — la publication — n'a pas grand sens) donne donc lieu à des appréciations très contrastées si un protocole de jugement (une liste de critères décrivant les caractères d'un succès ou d'un échec) n'a pas été arrêté initialement, au moment du lancement de la recherche.

Une telle démarche doit accompagner celle de la programmation et la compléter. Ce sont les critères qui justifient la programmation (cette recherche va rapporter de l'argent, elle est cohérente avec le plan, elle débouche sur un marché stratégique, etc., voir partie II) qui serviront à évaluer les résultats obtenus (ou le manque de résultat). Il doit y avoir cohérence entre les éléments de programmation et les éléments d'évaluation des résultats.

8. Quels avantages retire-t-on en programmant les activités S&T?

8.1 La programmation est d'abord *un garde-fou financier pour les Pouvoirs publics.*

En individualisant les recherches sous la forme de budgets de programmes, elle permet de suivre l'avancement des projets et de prendre à temps des mesures lorsque les enveloppes financières (budgets) risquent d'être dépassées.

L'existence des budgets usuels, par nature de dépenses, tous projets confondus, permet au contraire toutes les dérives. En dehors de l'arrêt brutal de certains programmes pour maintenir l'équilibre budgétaire global prévu initialement, il n'y a pas d'autres possibilités que de consentir à des augmentations budgétaires parfois ruineuses.

Comme souvent, pour des raisons politiques, locales, stratégiques et sociales, il est pour ainsi dire impossible d'arrêter une recherche ou un projet technologique en cours, l'État est, malgré ses cris, contraint de payer à contre-cœur. Ceci est dommageable à l'ensemble du secteur de la R&D soupçonné de ne jamais tenir ses engagements. La programmation va à l'encontre de cette mauvaise réputation que parfois la recherche acquiert auprès des décideurs (certains vont même jusqu'à la qualifier de « danseuse » de l'État...).

8.2 La programmation *fournit des arguments aux responsables des recherches,* notamment dans leurs discussions avec les budgétaires

Si le sérieux technique et scientifique d'un projet est une condition nécessaire pour accéder à un éventuel financement public ou privé, il n'est nullement une condition suffisante, notamment lorsqu'il y a pénurie budgétaire, c'est à dire excès de projets de dépenses par rapport aux possibilités d'engagements, ce qui constitue la situation habituelle et normale.

Il convient donc pour un demandeur de crédits visant des activités de R&D, que celui-ci se situe au niveau d'une tutelle (Ministère dépensier), d'un organisme de recherche, d'un laboratoire ou d'une unité de recherche, voire d'un chercheur indépendant, d'argumenter avec d'autres élements que ceux qui font sa spécialité et sa compétence. Ces arguments (décrits dans la partie II, rassemblés en méthodes dans la partie III de cette étude) décrivent à l'interlocuteur son intérêt de financer la recherche (et non pas l'intérêt du demandeur). Ils tentent donc de renverser la nature du dialogue, le demandeur octroyant un avantage à son interlocuteur, au lieu de le prier de lui accorder une faveur. Seule la programmation permet d'établir un équilibre rationnel dans de telles discussions, en élaborant un plaidoyer démontrable, indépendamment des personnalités chargées de le prononcer ou de l'entendre.

8.3 La programmation rassemble les éléments de gestion du risque inhérent à tout projet de R&D

Pour les Pouvoirs publics le risque attaché à un projet de recherche est ce qu'on appelle en statistique, de 1ère espèce. C'est le risque du vendeur qui, au vu de tests de qualité médiocre effectués sur un échantillon, hésite à mettre en vente sa production, et perd donc le produit de ses efforts.

Dans le cas du financement de la recherche, le parallèle est clair : l'État en fixant trop bas sa contribution financière risque d'empêcher l'aboutissement de recherches et de stériliser ainsi des possibilités de développement très profitables à la collectivité.

Pour la communauté scientifique — demandeuse de crédits — le risque est de 2ème espèce. C'est le risque de l'acheteur qui achète un produit déclaré sain par un test favorable mais en fait erroné. Si le produit empoisonne l'acheteur, celui-ci réagira violemment — s'il le peut encore — contre le vendeur.

En finançant n'importe quelle recherche, y compris de mauvaises, l'État trop laxiste, s'attirera rapidement des critiques d'incompétence et d'incurie de la part de la société qui criera au gaspillage et de la communauté scientifique qui criera au scandale.

La programmation permet [1], par les calculs de sensibilité qu'elle autorise, d'évaluer la place des financements qui rend acceptables à la fois les risques de 1ère et de 2ème espèces. On connaît ainsi le point en dessous duquel l'effort de R&D est vain et la limite à partir de laquelle les critiques engendrées deviennent supérieures aux résultats supplémentaires espérés.

8.4 La programmation est un *instrument souple qui éclaire le management*

Si le budget est plus détaillé et concret, il est aussi beaucoup plus contraignant. Son caractère d'engagement à court terme est par ailleurs inadapté à la très grande majorité des recherches qui sont pluri-annuelles. Si la planification est plus politique, stratégique, elle est aussi beaucoup plus floue et trop souvent naïve (« wishful thinking »).

La programmation présente l'avantage des compromis : adaptée à la durée des projets (dont la réalisation s'effectue à moyen terme), elle allie la précision des arguments qui les défendent au calcul d'ordres de grandeur chiffrés qui suffisent à prendre des décisions. Elle constitue donc la démarche la meilleure pour faire aboutir concrètement un choix.

---

1 Voir la note technique sur les méthodes multicritères (fiches a 3 à a 5 en partie III).

8.5 En dernier lieu, la programmation des activités de R&D *établit un climat de confiance entre les Pouvoirs publics et la communauté scientifique*. Chaque partie se trouve engagée : l'une sur des financements et des soutiens, l'autre sur des résultats et des délais.

Certes ce contrat ne doit pas être passé de manière rigide. Mais en existant il conduit à gérer des écarts, au lieu de gérer l'improvisation.

9. La programmation des activités S&T et les pays en développement

Toutes les considérations qui précèdent s'appliquent directement au cas des pays en développement qui entreprennent ou désirent accroître des activités S&T.

Certains aspects peuvent toutefois donner lieu à des remarques complémentaires.

a) Pour un pays en développement, la mise sur pied d'une politique scientifique et technologique est plus compliquée que pour un pays déjà développé. Très souvent les compétences existent, mais les hommes qui les possèdent ne sont pas disponibles. Ils ont déjà des charges professionnelles ou officielles suffisamment prenantes et attractives pour rendre peu probable leur orientation vers les carrières de la recherche.

Afin de ne pas perpétuer cette situation, il convient donc de créer de toutes pièces une communauté scientifique, attirée initialement par les avantages relatifs que présentera le fait d'être reconnue en tant que telle grâce, notamment, à la promulgation d'une loi portant « Statut du chercheur scientifique » [1]. Cette incitation matérielle n'a rien de choquant. Elle a existé dans tous les pays très développés, à la fin de la deuxième guerre mondiale, afin de reconstituer une communauté scientifique qui avait presque disparu dans certains cas.

Sans ce terrain humain, à développer progressivement, il n'est pas utile de perdre son temps à écrire des rapports de programmation de la recherche : ils resteront des rapports et ne seront jamais appliqués.

b) Si une unité de recherche existe, ou est en cours de constitution, la programmation sert à apprécier dans quelle mesure peuvent être relevés par elle les défis que la recherche S&T pose au pays, en terme d'utilité sociale et collective, de synergies avec d'autres activités ou aspects propres au pays, de concurrence internationale, de coûts et de délais. La programmation est donc un indicateur d'opportunité pour se lancer ou renoncer à un programme nouveau de recherche. La programmation sert alors au Gouvernement de contrepoids aux travaux de planification qui, dans la plupart des cas, ne sont qu'une mise en cohérence des désirs sectoriels et collectifs, et par là même, pèchent par optimisme. La programmation sert de rapport de contre-expertise à la planification. Elle permet de mieux hiérarchiser les désirs de développement. Elle incite à choisir.

Vis-à-vis du budget, la programmation sert à éviter les à-coups dus à des changements politiques ou (et) à des difficultés économiques renforcées. La programmation garantit en quelque sorte la continuité de certains programmes de R&D assurés de pouvoir se développer durant quelques années, sans avoir à justifier constamment leur existence.

c) La programmation permet à un pays en développement de créer une règle du jeu parmi les diverses institutions scientifiques, les centres universitaires, les centres d'étude publics et privés et de fédérer leur diversité d'activités, d'origines et de finalités. La programmation exprime concrètement ce que la planification n'indique que qualitativement. Elle traduit les intentions de l'État, alors que le budget ne fait que les exécuter. Elle permet d'établir un climat plus confiant et constructif : les échanges entre partenaires se feront sur la base de réalisations et non d'opinions, traiteront de délais de réalisation et non d'objectifs, insisteront sur des enveloppes globales de moyens et non sur des subventions partielles.

d) La programmation offre enfin une occasion de chercher concrètement les meilleures pertinences parmi les programmes de la R&D applicables au pays, c'est-à-dire la meilleure adéquation des moyens — disponibles ou obtensibles à moyen terme pour la R&D — aux priorités décelables dans le pays. Cette démarche est solide car elle s'effectue sur la base de réalisations et non seulement d'opinions, ce qui évidemment lui donne du poids.

D'autres considérations, spécifiques des pays en développement, seront présentées dans la Partie II. Celles qui précèdent se bornent à indiquer l'esprit dans lequel les travaux de programmation des activités S&T doivent être entrepris.

---

1 Cf. *Recommandation aux États membres sur la condition des chercheurs scientifiques*, Unesco, Paris, 1974 et John Dickinson, *Science et chercheurs scientifiques dans la société moderne*, adaptation française de Y. de Hemptinne et al. Unesco, Paris, 1987.

Partie II

Le processus de la programmation

Introduction

Le processus de la programmation des activités S&T est long, complexe, indispensable. Sa mise en œuvre, si elle est réussie, peut aisément pallier les insuffisances d'une méthode (telle que celles décrites dans la Partie III ci-après). Au contraire, si cette mise en œuvre inclut quelque défaut sur le plan de la disponibilité des hommes ou des budgets, sur le manque de confiance existant entre divers partenaires, sur l'absence de consultation des milieux concernés (milieu scientifique, milieu de décideurs, pulic au sens large), alors il y a toute chance pour qu'un échec vienne conclure les travaux de programmation, et ceci, quelle que soit la technique utilisée.

Le processus de programmation est donc essentiel : il se nourrit des techniques, mais les techniques sont inopérantes si on y recourt en dehors de lui.

Cette seconde partie qui lui est consacrée comporte cinq chapitres qui sont autant d'approches d'une seule et même question : la programmation.

Le premier chapitre, intitulé « de la planification à l'exécution des activités S&T — l'action de la programmation et de ses méthodes d'appui » adopte le point de vue de la conception de la programmation. Comment la situer dans le contexte général des activités S&T, à quels arguments fait-elle appel pour agir, quelle compréhension globale du système S&T doit-on avoir pour la mener à bien, quelle utilité présente-t-elle pour la gestion de la R&D, telles sont les attitudes adoptées par cette approche. Pourquoi programme-t-on est l'enjeu de ce chapitre qui correpond à la démarche d'un maître d'ouvrage qui définit les besoins et usages, indique les grandes lignes, fixe des servitudes. Trois sous-chapitres précisent ce point de vue :

« Le cheminement intellectuel de la programmation » rappelle les étapes à observer entre plan, programme et budget;

« La prévision de l'offre scientifique et de la demande socio-économique » introduit les mécanismes d'exploration du futur qui complètent le dispositif précédent;

« Les outils méthodologiques disponibles »inventorient les diverses techniques, décrites dans la troisième partie de cet ouvrage, qui peuvent s'appliquer à certaines étapes du processus de programmation.

Le second chapitre s'intéresse à la mise en œuvre de la programmation des activités S&T et à son insertion dans le cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation ». L'approche désormais observée est celle de l'architecte qui, obéissant aux indications du maître d'ouvrage précédent, choisit des solutions de réalisation.

La mise en œuvre de la programmation doit en effet tenir compte d'un certain contexte fonctionnel et institutionnel, propre à chaque situation nationale, et s'insérer dans les mécanismes décisionnels et budgétaires qui ont cours. Un cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation» est d'abord décrit pour faire comprendre les diverses phases les plus usuelles qui permettent de s'adapter aux mécanismes institutionnels observables dans la plupart des pays. Un algorithme de programmation des activités S&T est ensuite construit. Il fournit de manière détaillée et logique toutes les tâches à observer et à réaliser pour passer progressivement du stade de définition des objectifs de développement du pays à l'innovation technologique dans le système national de production. Des budgets-types « institutionnels » par incidence économique et nature de dépenses d'une part, « fonctionnels et programmatiques » d'autre part, sont par ailleurs rappelés afin de faciliter une mise en œuvre pratique et concrète de ces diverses considérations qui constituent un mode d'emploi de la programmation.

Le troisième chapitre concernant les tâches à remplir lors de la programmation de la R&D a un caractère beaucoup plus instrumental et fait le lien avec la troisième partie de ce manuel. Il correspond à l'attitude d'un service (unité de recherche, unités de gestion de la recherche, groupe d'étude chargé d'un grand projet S&T) qui doit entreprendre la réalisation de la programmation dont les mécanismes ont été décrits ci-dessus. Le point de vue adopté n'est donc plus celui de la conception (1er chapitre), ni du processus fonctionnel et institutionnel (2ème chapitre), mais celui du chef de chantier, beaucoup plus proche du contenu technique et scientifique du programme. Un certain nombre de tâches, présentées sous la forme de tableaux, permettent de comprendre qui fait quoi et à quel moment. Des recommandations sous la forme de questions simples et concrètes viennent compléter cette troisième approche pragmatique.

Le quatrième chapitre décrit les préoccupations usuelles lors de l'élaboration d'une programmation sous la forme de quelques considérations pratiques. Des illustrations statistiques permettent de saisir la forme que peut prendre la présentation de telles considérations. Ce sont les aspects méthodologiques qu'il conviendra de retenir dans ces exemples et non les indications chiffrées qui y figurent, qui ne correspondent pas à l'objet du présent rapport.

Un bref *cinquième chapitre* traite les spécificités du processus de programmation dans les pays en développement en recommandant d'effectuer des vérifications préalables.

En résumé, la seconde partie de ce rapport s'articule de la manière suivante :

	Caractéristiques	Question fondamentale
Chapitre 1 - L'action de la programmation et de ses méthodes d'appui	Plusieurs étapes	Pourquoi ?
Chapitre 2 - La mise en œuvre de la programmation des activités S&T. - Son insertion dans le cycle PPBE	Plusieurs phases	Comment ?
Chapitre 3 - Les tâches principales à effectuer au cours du cycle PPBE	Plusieurs tâches	Qui fait quoi ?
Chapitre 4 - Préoccupations usuelles lors de la programmation. - Problèmes de choix - Considérations pratiques	Plusieurs illustrations	Que présenter ?
Chapitre 5 - Le processus de la programmation dans les pays en développement	Un seul esprit	Préalables à vérifier

1. De la planification à l'exécution des activités S&T. L'action de la programmation et de ses méthodes d'appui

1.1 Le cheminement intellectuel de la programmation

Comme on l'a souligné au cours du chapitre précédent, la programmation de la R&D n'est pas isolable d'un contexte plus général de réflexion et de préparation des décisions qui comporte, en amont, la planification à long terme et, en aval, l'exercice annuel de budgétisation. Si l'on entre un peu plus dans le détail des particularités de cette programmation, un schéma légèrement plus complexe vient préciser ces premières notions au sein d'un cheminement intellectuel tel qu'il est représenté sur la figure 3.

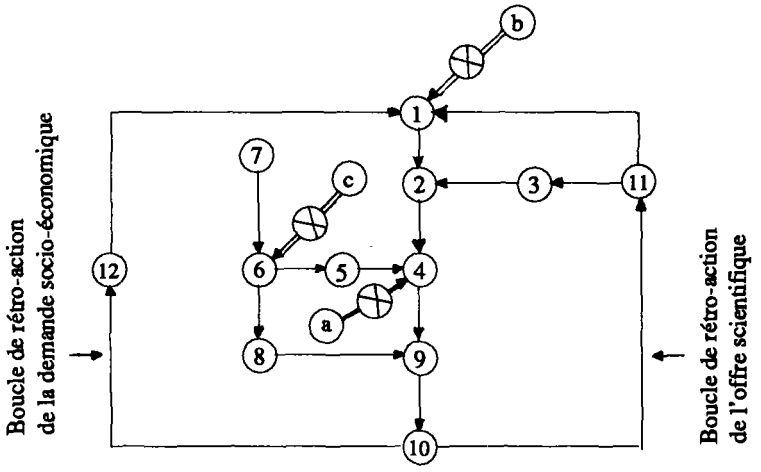


Figure 3

Légende de la figure 3
(La numérotation est seulement explicative et n'a pas d'implications séquentielles)

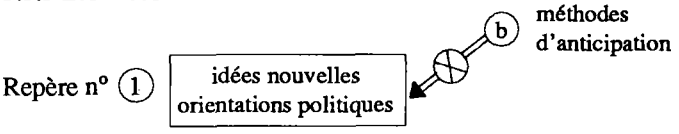
Repère
n°

① Orientations politiques — Idées nouvelles
② Examen des idées — Expériences « imaginaires » (Thought experiments)
③ État des connaissances — Critères « intrinsèques » d'orientation
④ Sélection des programmes de R&D — Évaluation « a priori »
⑤ Critères « extrinsèques » d'orientation
⑥ Politique du Gouvernement — Plan national de développement
⑦ Règles et normes de fonctionnement financières et administratives
⑧ Programmation pluri-annuelle
⑨ Budgétisation annuelle par programmes et par institutions
Adoption du Budget-Autorisation de dépenses
⑩ Exécution des programmes et projets de R&D
⑪ Évaluation « a posteriori » de l'efficacité des programmes et projets de R&D — Mesure des performances techniques des résultats obtenus
⑫ Réactions de la société et du marché; conséquences pour l'environnement

Actions des méthodes d'appui à la programmation
ⓐ méthodes de sélection des programmes et projets de R&D
ⓑ méthodes d'anticipation et prospective de l'innovation
ⓒ méthodes d'analyse des systèmes constitués par les programmes de R&D et leur environnement

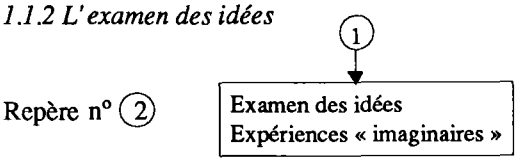
Le développement du processus figuré ci-dessus permet de comprendre les relations existant entre ces divers éléments :

1.1.1 Les idées



Il n'y a pas de plan et, d'une manière plus générale, de politique de la recherche, s'il n'y a pas d'idées scientifiques/technologiques nouvelles et de volonté d'orientations originales du développement national pour leur donner des champs d'applications possibles. Sans ces idées, la démarche ici décrite n'est que bureaucratie stérile. Par contre, si des idées scientifiques et technologiques nouvelles se présentent, alors l'exercice de planification-programmation-budgétisation vise à leur donner corps et constitue un processus de valorisation raisonnée de ces idées. Le risque couru dans ce dernier cas, est un changement de structures, de modification des habitudes et de certaines relations entre les hommes et des intérêts qu'ils représentent. Si ce risque n'est pas couru, il est inutile d'élaborer une politique de la recherche véritable et d'entreprendre une procédure de programmation. On remarquera que les méthodes d'anticipation et de prospective de l'innovation scientifique/technologique, économique ou sociale (voir repère (b)) constituent une aide appréciable pour la formulation d'idées nouvelles.

1.1.2 L'examen des idées

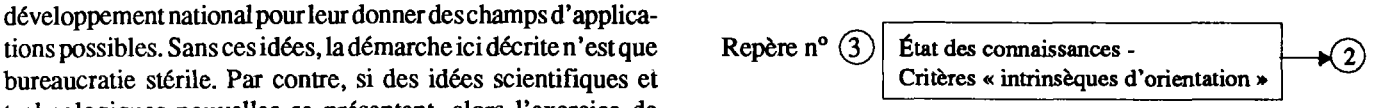


Une idée nouvelle ne vaut généralement rien — en dehors du plaisir de l'émettre — tant qu'elle n'a pas été examinée et éprouvée sous la forme de confrontation à des connaissances déjà acquises ou à des « expériences imaginaires » qui permettent d'en supputer les chances d'aboutissement et d'applicabilité. Ce préalable est important pour toute activité de programmation de la R&D afin d'éviter de se lancer dans des programmes de recherche chimérique, irréalisables, ou qu'il serait impossible de mener à terme dans la période de temps la plus large retenue dans l'exercice de programmation, fut-elle à long terme. Une telle confrontation doit être menée avec sagesse par les responsables chargés de la programmation. A être trop prudent, on ne progresse pas. Mais à trop vouloir entreprendre on risque de sombrer dans l'excès utopique et de perdre toute crédibilité dans la communauté scientifique. Avant de proposer publiquement ou dans des Conseils consultatifs officiels les options nouvelles de recherche à programmer, des contacts discrets avec des experts du domaine considéré sont à recommander. Si le besoin s'en fait sentir, des essais officieux, financés à charge de reliquats d'autres programmes antérieurs peuvent s'imposer[1].

1 Le fait de procéder à des essais officieux, généralement en dehors de toute autorisation et sans moyens budgétaires affectés expressément à ceux-ci, s'appelle « travailler en perruque ». La plupart des nouveaux programmes de recherche importants y recourent d'une manière ou d'une autre.

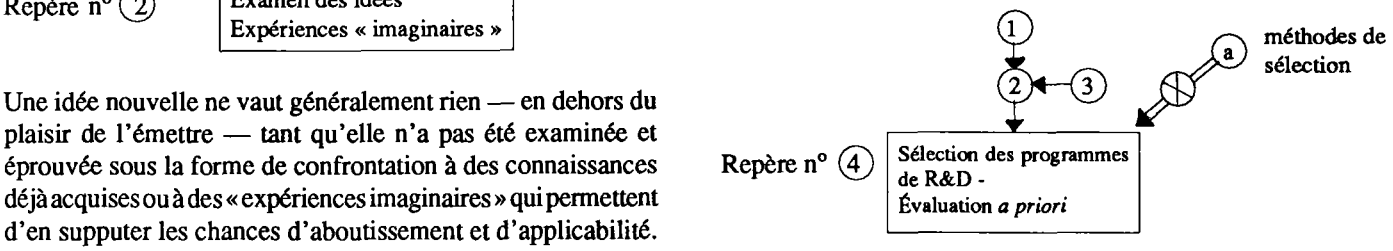
Une telle démarche garantit aux initiateurs d'idées et de programmes de recherche nouveaux une plus grande assurance dans la paternité et le sérieux de leurs propositions. Ce point est relativement important; en effet, un processus de programmation trop rigide ou trop transparent qui ne permet pas d'effectuer des contacts ou des essais préliminaires en secret est à peu près certaine de tuer toute créativité car elle n'offre que des risques à ceux qui proposent des programmes de recherche véritablement nouveaux.

1.1.3 Les connaissances



Il n'est pas aisé d'examiner la faisabilité *scientifique* d'un nouveau programme de recherche. Il faut pour cela maîtriser parfaitement les critères « intrinsèques » d'orientation c.-à-d. avoir les connaissances suffisantes sur l'état d'avancement des connaissances (state of the art) dans le domaine considéré et pouvoir juger si les connaissances de base nécessaires à la réussite d'un programme de recherches appliquées sont disponibles ou non. Il faut aussi maîtriser les méthodes de recherche proposées et la performance des instruments de mesure existants. Il ne s'agit pas de respecter aveuglément les consensus académiques du moment mais de savoir jusqu'où l'on peut aller en les ignorant, tout en se rappelant que la naïveté n'est jamais récompensée par les faits en matière de recherche scientifique.

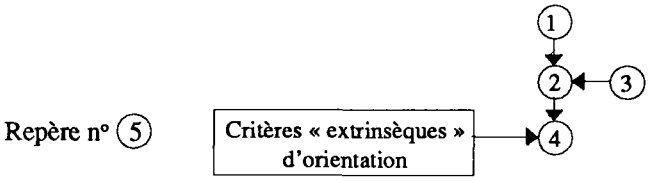
1.1.4 La sélection des programmes de R&D



Il y a généralement trop de bons programmes pour les entreprendre tous simultanément. C'est ici qu'interviennent des considérations relatives au « potentiel scientifique et technologique » national, ainsi que les critères « extrinsèques » à la science dont il sera question à la section 1.1.5 ci-dessous. En effet, s'il fallait faire appel, pour exécuter certains programmes, à des capacités humaines ou à des ressources matérielles (bâtiments et équipements) dont ne disposent pas les institutions de recherche existantes il conviendrait de faire précéder ces programmes d'une phase de « mobilisation de ressources » et formation de personnels scientifiques. Faute de quoi on risque de bouleverser les travaux de ces institutions, ce qui présenterait trop d'inconvénients. A cet égard, la nécessité de sélectionner les programmes de R&D numériquement en excès est saine; elle sanctionne le foisonnement scientifique qui traduit les activités des phases 1, 2 et 3 préalablement évoquées. Inversement, si le nombre de programmes de R&D proposés s'avère insuffisant, il convient d'y remédier en stimulant la créativité des unités de recherche qui soumettent les propositions : associations avec des équipes de recherche

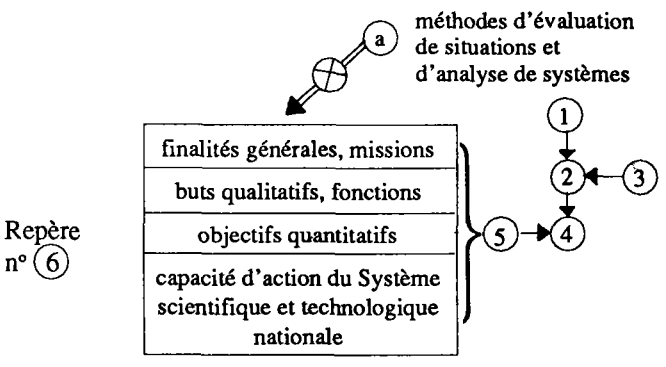
étrangères, participation à des programmes internationaux de recherche, renforcement des programmes de formation de jeunes scientifiques à la R&D, mesures incitatives visant à améliorer le statut et les conditions de travail des chercheurs, etc. S'il y a excès de propositions, il convient de les hiérarchiser en importance et dans le temps compte tenu des critères « extrinsèques » décrits ci-dessous au moyen des méthodes de sélection traitées dans la Partie III [1].

1.1.5 Les critères « extrinsèques » d'orientation



Pour sélectionner il convient de s'appuyer sur les contraintes « extérieures » au domaine S&T considéré : est-ce en conformité avec les politiques, les plans et les stratégies du Gouvernement? est-ce juridiquement possible? éthiquement acceptable? la coordination avec des recherches dans des domaines similaires ou voisins est-elle faite? acceptée? les règles administratives en vigueur sont-elles respectées? etc. Il s'agit donc de détailler la vision globale et future de l'Organe directeur de la politique scientifique et technologique nationale qui jugera en définitive bonne ou mauvaise le programme de R&D proposé. Il appartient à cet Organe directeur d'indiquer périodiquement les critères « extrinsèques » — c'est-à-dire n'ayant pas un rapport direct avec le contenu scientifique des programmes de R&D proposés — qu'il entend utiliser pour porter ses jugements. Ces critères font le plus souvent référence à des considérations de pertinence (adéquation à des besoins nationaux), d'opportunité politique (socio-économique ou culturelle) et de disponibilité des ressources nécessaires pour mener à bien les programmes considérés : compétences et moyens matériels.

1.1.6 Politique du Gouvernement (Plan national de développement ou orientations stratégiques générales)



Le « cœur » de la politique scientifique et technologique nationale est asservi à un ensemble de considérations indiquant les grandes missions à satisfaire (besoins de la population, priorités nationales) par secteurs économiques et sociaux. Des buts qualitatifs détaillent secteur par secteur les missions précédentes en les exprimant sous forme de fonctions plus précises et nombreuses. C'est le Plan national de développement dans les pays où il existe. Dans les pays où il n'existe pas, ce sont les déclarations d'orientation politiques et les stratégies qui sont périodiquement émises en matière de développement national qui en tiennent lieu.

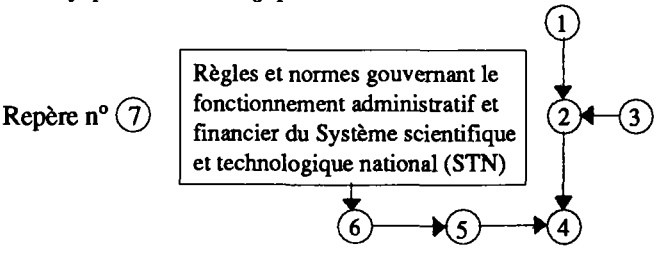
Des objectifs quantifiés dans le temps (à un an, à trois ans, à sept, à dix ans) précisent sous la forme d'ordre de grandeur les buts ou fonctions précédents et les affectent provisoirement localement (par institutions ou services) et régionalement (par autorités de tutelle). C'est une sorte d'esquisse politique faite très rapidement pour fixer les idées.

Enfin, une appréciation globale des capacités d'action du Système scientifique et technologique national (STN) permet de modérer l'ambition, de la concrétiser à court et moyen terme (on ne peut prétendre faire dix fois demain ce que l'on fait aujourd'hui, même s'il s'agit de résultats négatifs!). La capacité d'action du Système scientifique et technologique national est une mesure de sa compétence mais aussi de son inertie à évoluer.

Cet ensemble de considérations doit faire l'objet d'une présentation par l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique nationale, des ressources du Système [2] STN et d'une liste de critères « extrinsèques » accompagnés de normes (Cf § 1.1.5 ci-dessus) qui expriment, en les quantifiant, les contraintes explicitement (ou implicitement) fixées par le Plan national de développement au Système STN.

Pour établir la cohérence entre d'une part, les choix effectués au niveau de la sélection des programmes (cf § 1.1.4) d'après les critères et les normes (cf § 1.1.5) par l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique nationale et d'autre part l'ensemble des considérations politiques (cf § 1.1.6), vocations, buts, objectifs, moyens, tels qu'ils sont fixés par le Plan ou la Stratégie nationale de développement, on utilise souvent des modèles globaux de synthèse ou encore des méthodes d'analyse de systèmes (repère (c)). Ces techniques sont décrites dans les fiches « c » de la Partie III. Elles peuvent influencer l'ensemble de la programmation lorsqu'elles sont employées à bon escient et il convient donc d'y prêter une attention particulière.

1.1.7 Les règles et normes de fonctionnement du Système scientifique et technologique national



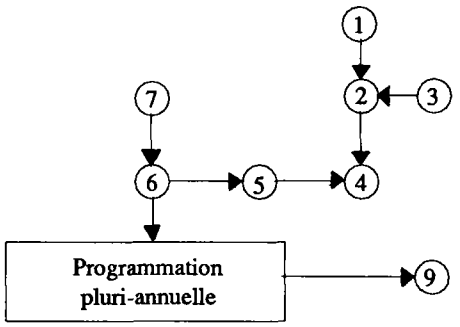
La politique scientifique et technologique nationale doit observer un certain nombre de contraintes extérieures, « règles du jeu » financières, administratives et juridiques (pour prendre

1 Voir ensemble des fiches a de la partie III.

2 C'est l'objet de l'Inventaire du potentiel scientifique et technologique national (en abrégé P.S.T.).

un exemple : l'encadrement des dépenses publiques, le rythme de croissance, le contrôle financier, etc.). Il est évident que le resserrement ou le désserrement de ces règles est d'importance essentielle pour la programmation de la R&D. La nature des règles et normes administratives et financières qui gouvernent la programmation de la R&D, et leur mise en pratique, déterminent la souplesse et donc le rythme d'évolution de la programmation. Agir sur ces règles et normes peut être lourd de conséquences : cela ne peut être fait sans l'avis — et l'accord — de l'Organe directeur de la politique scientifique et technologique nationale.

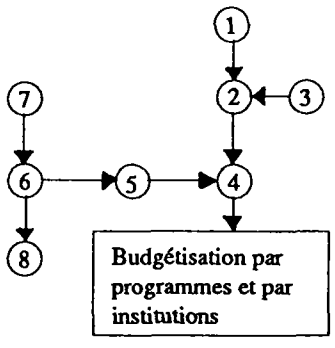
1.1.8 Le processus de programmation pluri-annuelle



Repère n° (8)

La politique S&T étant fixée sous forme d'objectifs scientifiques traduits en activités S&T à partir de critères intrinsèques (Repère (3)) : faisabilité scientifique) et extrinsèques (Repère (5) : faisabilité et opportunité socio-économiques et culturelles), il convient d'organiser la mise en œuvre de cette politique grâce à une programmation pluri-annuelle. Ainsi sont élaborés et sélectionnés des programmes, en général pluri-institutionnels, dont le descriptif précise entre autres : la nature et la séquence des actions à mener au cours d'une période de plusieurs années (généralement de 3 à 5 ans), la combinaison de moyens financiers, humains et matériels à mettre en œuvre, les résultats scientifiques à atteindre sous forme quantifiée et localisée dans le temps et l'espace, les objectifs socio-économiques poursuivis, et les interactions avec l'environnement économique, social, culturel et naturel ((repère (6)). Il est souhaitable que cette programmation soit un exercice permanent permettant d'avoir des programmes « glissants », révisés chaque année pour rester valables pendant toute la durée (par exemple 6 à 10 ans) des activités de R&D programmées.

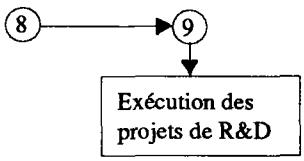
1.1.9 La budgétisation annuelle par programmes et par institutions : autorisation de dépenses



Repère n° (9)

La programmation budgétaire annuelle découpe dans chaque programme pluri-annuel une tranche correspondant à un exercice budgétaire (généralement un an) et constituant un des programmes budgétaires figurant dans le budget de l'État. Ce budget de programmes est toujours complété par le budget traditionnel de voies et moyens (appelé aussi budget administratif ou institutionnel) qui donne l'autorisation à une ou plusieurs institutions d'exécuter chacun de ces programmes budgétaires en bénéficiant d'un certain montant d'allocations budgétaires (i.e. crédits ou subventions) et en respectant certaines règles. Cette budgétisation annuelle par programmes et par institutions est traitée en détail dans le « Manuel de budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques » publié par l'Unesco et cité plus haut. Il en sera fait un bref rappel dans le chapitre 2 suivant qui décrit la mise en œuvre de la programmation des activités S&T.

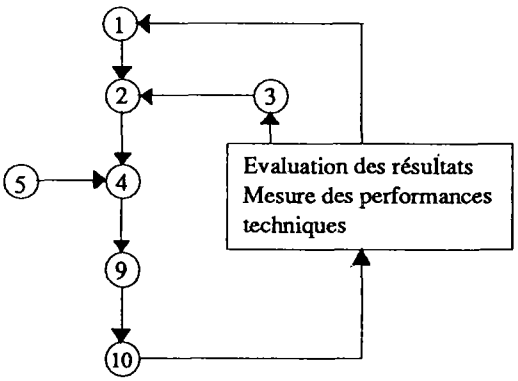
1.1.10 Exécution des programmes et projets de R&D



Repère n° (10)

Au cours de l'exercice annuel certains résultats de recherche sont acquis; ils font alors l'objet de développements expérimentaux (mises au point techniques, constructions de prototypes, fabrication en usines-pilotes à l'échelle micro- ou semi-industrielle, etc.).

1.1.11 Évaluation de l'efficacité des programmes et projets de R&D — mesure des performances techniques de leurs résultats

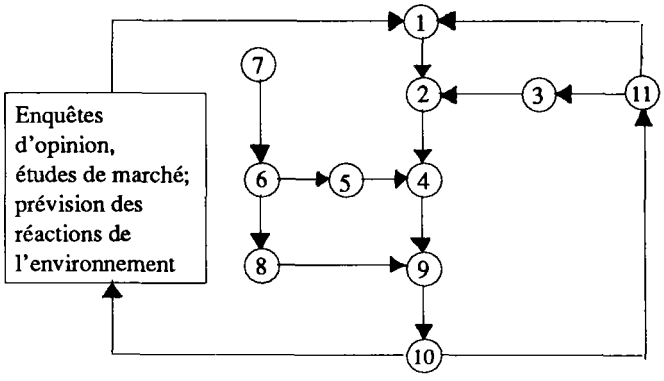


Repère n° (11)

Les résultats obtenus en (10) peuvent être évalués techniquement, c'est-à-dire en fonction de leur degré de réussite, au moyen d'indicateurs et de critères de performance. Cette appréciation est généralement assez objective, scientifique. Les moyens de mesure utilisés recoupent fréquemment certains critères extrinsèques et indicateurs (5) utilisés pour orienter les choix. La mesure des performances enrichit les connaissances (cf § 1.1.3), procure des idées nouvelles et donne lieu à de nouvelles orientations (1).

Ce bouclage entre les réalisations ⑩ jugées en ⑪ qui provoque des idées nouvelles et de nouveaux paris sur l'avenir (en ①) est parfois appelé « boucle de rétro-action exploratoire ». Elle traduit l'influence de l'« offre scientifique ». Cette itération, figurée sur le schéma ci-dessus, entreprend en effet une exploration pas à pas du futur qui s'appuie sur les réalisations présentes tout en essayant de les améliorer ou de les modifier partiellement, selon un processus heuristique.

1.1.12 Les réactions de la société, du marché, de l'environnement



Repère n° ⑫

Une autre façon indispensable d'évaluer les résultats de R&D obtenus, ou en cours d'obtention, est d'effectuer une enquête auprès des utilisateurs éventuels de ces résultats (enquêtes d'opinion, études de marché ou d'image de marque) afin de comprendre les attentes de ceux-ci et la façon dont sont ressenties les prestations qui leur correspondront. Ce jugement est beaucoup plus délicat que le précédent (cf § 1.1.11), et plus subjectif aussi. Il dépend fortement de la façon dont les enquêtes sont menées et des personnes qui en sont chargées.

Les appréciations obtenues peuvent avoir un effet direct sur les idées nouvelles ① et orientations à donner aux projets de recherche, sous la forme d'indications volontaires, politiques, encore appelées normatives ou volontaristes. Ce bouclage par l'opinion est parfois dénommé « boucle de rétro-action normative » ce qui signifie que les idées d'orientation future des travaux de recherche devront observer les attentes (présentes) de l'opinion publique, des milieux économiques, des décideurs de la politique scientifique et technologique, de ceux qui appliqueront les résultats obtenus. C'est en quelque sorte une expression de la demande socio-économique qui parfois peut inclure des phénomènes de mode agissant sur des familles de technologies, privilégiant certaines recherches, jetant dans l'oubli provisoire certaines autres. Ce deuxième bouclage est, en pratique, tout aussi important que le premier plus exploratoire et rationnel. Il révèle aux décideurs, un peu à la manière de la maïeutique, leur domaine de volonté et de désir. L'émission d'idées et propositions nouvelles résulte en fait d'une prise en compte simultanée de ces deux aspects. Elle peut être aidée par l'usage de méthodes de prévision (exploratoires et normatives) décrites dans les fiches b) de la Partie III.

1.2 La prévision de l'offre scientifique et de la demande socio-économique

Le processus en douze étapes qui vient d'être décrit attire l'attention sur les bouclages existant entre le stade ⑩ (cf § 1.1.10) (exécutions des projets de recherche) et le stade ① (cf § 1.1.1) (idées et orientations nouvelles). Ces bouclages s'effectuent soit à travers des instruments de mesure de performances (scientifiques, économiques), soit à travers l'appréciation de l'estime recueillie auprès de l'opinion publique ou des utilisateurs.

Un déséquilibre d'une boucle par rapport à l'autre peut conduire à une mise en danger sérieuse de l'ensemble du processus. On peut être estimé, et avoir de mauvais résultats S&T. C'est aussi dangereux que le contraire (mauvaise image, bons résultats). Il faut jouer sur les deux aspects, en se servant des possibilités offertes par les techniques d'anticipation et de prévision [1] qui se séparent en deux familles :

L'une, prospective, consiste à extrapoler le passé de l'offre scientifique d'une part, et de la demande socio-économique d'autre part; d'en dégager une tendance d'évolution et d'encadrer cette tendance par diverses variantes, appelées spéculatives (c'est l'encadrement d'une prévision par une hypothèse basse et une hypothèse haute d'évolution). (Voir figure 4).

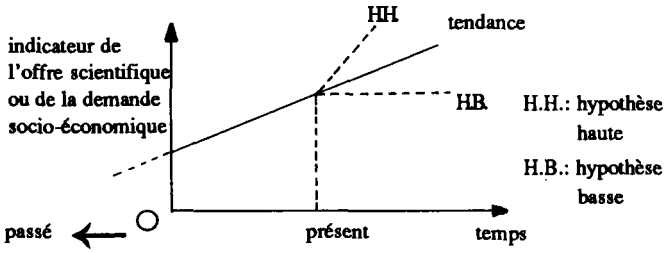


Figure 4

L'autre famille, appelée normative/régressive (par opposition à la précédente) consiste à considérer le problème résolu. On se fixe un objectif à moyen terme (point A). (Voir figure 5).

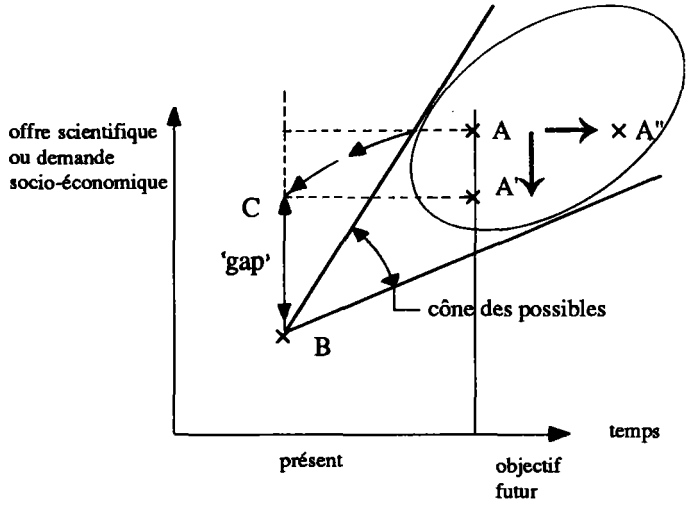


Figure 5

1 Cf. fiches b), Partie III.

Qu'aurait-il fallu avoir comme résultat l'année précédente pour obtenir un tel résultat? Et deux années plus tôt? De proche en proche, et en revenant régressivement vers le présent, on constate qu'il conviendrait d'être dans la position C, qui présente un écart de l'offre scientifique ou de la demande socio-économique (« gap ») par rapport à ce qu'on sait faire ou ce qui est demandé actuellement, représenté par le point B sur le graphique.

Cette démarche régressive de A vers C nécessite de fournir une explication venant justifier la trajectoire représentée et expliquant la remise en cause de l'objectif A, trop ambitieux. Il faudra donc soit baisser A (→ A') soit retarder sa réalisation (A").

Ce genre de considérations permet d'encadrer A par une zone de solutions possibles, compte tenu des moyens propres du Système scientifique et technologique national, chaque solution permettant de bâtir un scénario (voir fiche b3), qui se construit donc en quatre temps :

A partir de statistiques passées et présentes, construction d'une tendance exploratoire (extrapolation linéaire) indiquant ce qui se passerait si aucun changement inattendu n'intervenait.

Choix d'un point objectif, expression d'une volonté politique supposée représenter la demande socio-économique, généralement au-dessus de la tendance.

Évaluation des implications d'un tel choix sur le Système scientifique et technologique national et l'environnement du système. L'ensemble des solutions possibles fournit un champ d'évolution, qualifié de « cône des possibles », à l'intérieur duquel une programmation peut être entreprise.

Les tangentes à ce cône indiquent les hypothèses haute et basse c'est-à-dire maximale et minimale. Tous les scénarios compris à l'intérieur du cône s'appellent des futuribles (des futurs possibles). Tous les scénarios extérieurs (et probablement impossibles à programmer) sont dits contrastés.

L'obtention de tels résultats n'a d'interêt que si des décisions immédiates sont prises pour modifier la tendance passée. Si tel n'est pas le cas, les études de prévision ne sont d'aucun secours pour l'évolution du processus itératif de programmation pluri-annuelle des activités S&T.

1.3 Les outils méthodologiques disponibles

Décrits dans la partie III sous la forme de fiches, ces outils se répartissent donc en trois familles (a, b et c, citées plus haut) et dont on se bornera simplement à donner la liste :

a) *Les méthodes de sélection* qui appliquent des critères sur des idées nouvelles (stades ③, ④ et ⑤, principalement) et qui déterminent le contenu de la programmation.

a1 listes de contrôle
a2 ratios et indices de performance
a3 méthodes issues de l'actualisation
a4 méthodes matricielles et méthodes multicritères simples
a5 déclassements comparés
a6 utilité multiattributs
a7 méthodes de surclassement
a8 arbres de pertinence

b) *Les méthodes de prévision* qui concernent plus particulièrement les phases ① et ⑥ du schéma, et qui font évoluer la programmation

b1 extrapolation de la tendance et courbes enveloppes
b2 courbes en S et modèles analogiques
b3 scénarios
b4 méthode Delphi
b5 matrices d'interdépendance, matrices d'impacts croisés
b6 analyse morphologique

c) *Les méthodes d'analyse de situations et de systèmes* qui intéressent l'ensemble du processus, la cohérence des choix effectués en ④ et des intentions politiques exprimées en ⑥ et servent à simuler des possibilités alternatives de programmation.

c1 analyse factorielle des correspondances
c2 analyse structurelle
c3 dynamique de systèmes
c4 analyse stratégique
c5 inventaire du potentiel scientifique et technologique

A cette liste, il conviendrait d'ajouter un certain nombre de techniques d'accompagnement qui, étant plutôt du domaine de l'animation et du management des activités S&T, sont évoquées ci-dessous.

2. La mise en œuvre de la programmation des activités S&T

2.1 Le cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation » (PPBE)

La figure 6 montre que la programmation de la R&D constitue la phase 2 du cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation » des activités scientifiques et technologiques nationales. Cette programmation se fait normalement à moyen terme (par exemple 5 ans lorsque cette période est adoptée pour le Plan national de développement); il s'agit le plus souvent d'une programmation « glissante », c'est-à-dire mise à jour chaque année lors de la mise au point de la budgétisation annuelle par programmes et par institutions. Il est important de bien situer la programmation pluri-annuelle et la budgétisation annuelle dans le Cycle PPBE dont voici les huit phases principales :

***Phase 1* : La planification à moyen ou à long terme dans le domaine de la science et de la technologie**

Un Plan national de développement est normalement divisé en chapitres dont l'un précise les options macro-économiques de base et dont les autres correspondent aux divers secteurs de l'activité nationale. La pratique se répand lentement mais sûrement de consacrer un chapitre du Plan aux activités scientifiques et technologiques nationales, c'est-à-dire à la R&D et aux Services scientifiques et technologiques connexes (SST). Mais il reste entendu que les divers chapitres du Plan

consacrés aux secteurs productifs de l'économie (biens et services) doivent indiquer les apports attendus de la R&D nationale et des transferts internationaux de technologie. En d'autres termes, le Plan national de développement doit distinguer clairement :

(i) d'une part les programmes spécifiques de S&T (horizontaux) concernant le Système scientifique et technologique national proprement dit et servant plusieurs secteurs de l'activité nationale ou plusieurs objectifs socio-économiques de développement, ou encore l'objectif de progrès général des sciences. Ces programmes décrits dans un chapitre particulier du Plan, sont constitués par :
   des actions visant à développer les ressources humaines, financières, institutionnelles, matérielles et informationnelles consacrées à la R&D et aux SST (le potentiel scientifique et technologique);
   des actions visant au progrès général de la science en tant que telle (recherche fondamentale et services scientifiques de base);
   des actions de recherche appliquée et de développement expérimental contribuant à plusieurs secteurs ou objectifs socio-économiques, ainsi que des services scientifiques et technologiques connexes.

(ii) d'autre part les programmes socio-économiques (verticaux) concernant les différents secteurs de l'activité nationale et faisant appel à des apports scientifiques et technologiques prévus dans des sous-programmes de S&T chargés de développer de nouveaux produits ou procédés ou d'adapter localement les technologies importées. Ces apports sont décrits en termes généraux dans les chapitres du Plan concernant ces différents secteurs (agriculture, industrie, transport, télécommunications, santé, etc.).

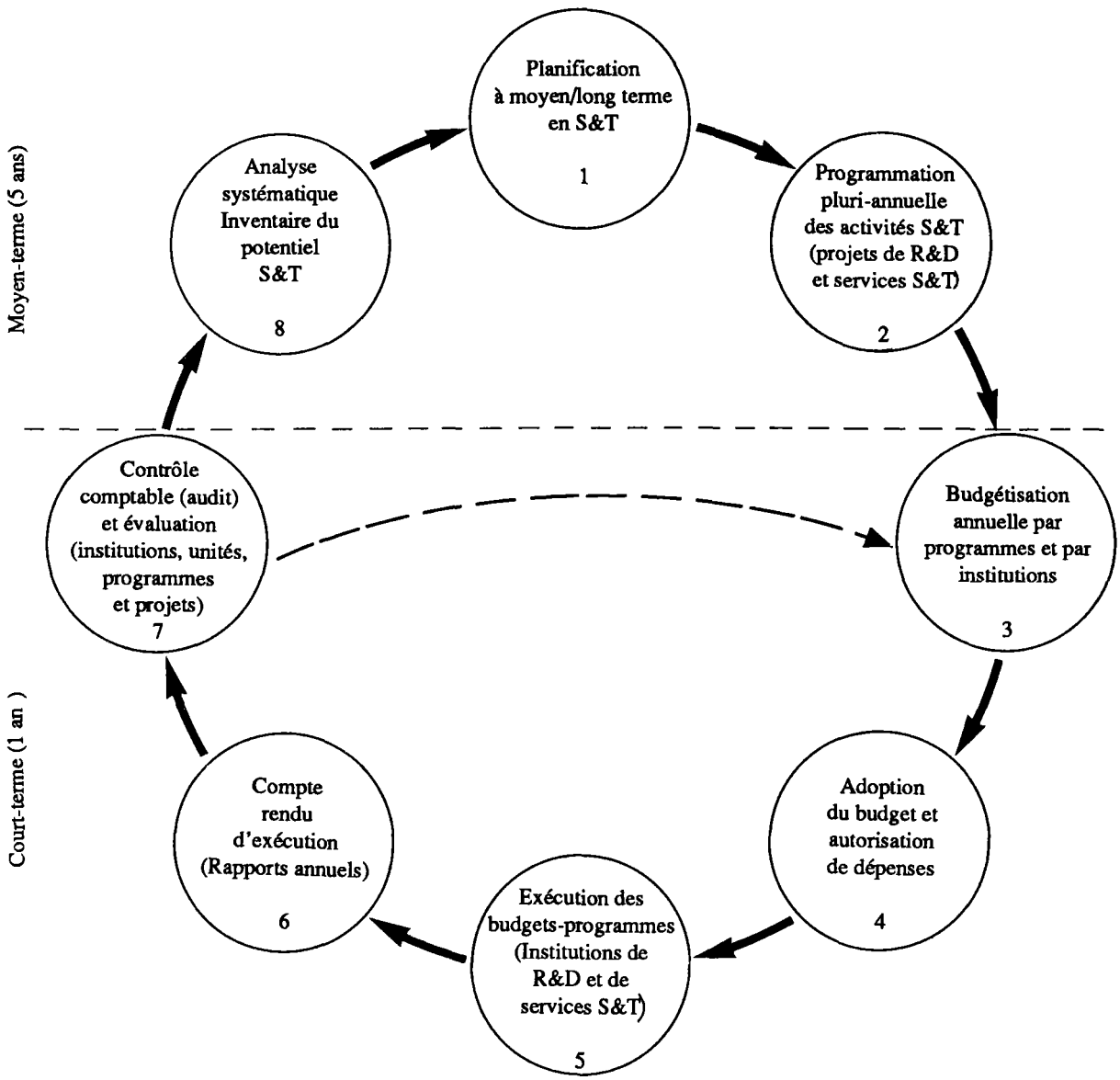

Moyen-terme (5 ans)
Court-terme (1 an)
Planification à moyen/long terme en S&T
1
Programmation pluri-annuelle des activités S&T (projets de R&D et services S&T)
2
Budgétisation annuelle par programmes et par institutions
3
Adoption du budget et autorisation de dépenses
4
Exécution des budgets-programmes (Institutions de R&D et de services S&T)
5
Compte rendu d'exécution (Rapports annuels)
6
Contrôle comptable (audit) et évaluation (institutions, unités, programmes et projets)
7
Analyse systématique Inventaire du potentiel S&T
8

Figure 6. Les huits phases principales du cycle « planification-programmation-budgétisation-évaluation » (P.P.B.E.)

Phase 2 : La programmation pluri-annuelle des activités S&T assure l'articulation entre les chapitres consacrés à la S&T dans le Plan à moyen ou long terme délivré des contraintes financières et institutionnelles, et le Budget annuel de la S&T répartissant les crédits par institutions scientifiques. Les programmes pluri-annuels constituent la matière du Plan; leur découpage en tranches annuelles accompagnées d'une description plus détaillée constitue la matière du Budget de programmes.

La programmation pluri-annuelle des activités S&T suppose:

la détermination d'objectifs socio-économiques précis;

la traduction de ceux-ci en objectifs scientifiques et technologiques;

l'inventaire des moyens disponibles : humains, financiers, institutionnels, en équipement et en information, c'est-à-dire le potentiel scientifique et technologique national;

l'élaboration de programmes alternatifs en établissant les relations entre moyens et objectifs;

le choix des programmes présentés dans le Plan et financés dans le Budget.

Chaque programme pluri-annuel de S&T retenu est défini dans un descriptif de programme qui suit des rubriques standard (par exemple : objectifs, moyens, opérations, durée et localisation, résultats, etc.) pour tous les programmes du pays et est inséré dans une structure de programmes qui ordonne tous les programmes selon un certain nombre de niveaux hiérarchiques (par exemple : fonction politique de l'État ou organe de l'administration centrale, grand programme correspondant à un objectif ou un secteur, programme, sous-programme, élément de programme ou projet).

Les programmes spécifiques de S&T et les sous-programmes de S&T inclus dans les programmes socio-économiques, c'est-à-dire toutes les activités relevant du Système scientifique et technologique national, peuvent être regroupés dans un « Grand programme national de science et de technologie », vocable variant selon les pays. Limité à la R&D, on parle parfois de « Grand programme national de recherche ».

Le Grand programme national de science et de technologie fait généralement l'objet d'un document distinct du Plan national de développement. La différence entre les chapitres consacrés à la S&T dans le Plan et le document consacré à ce Grand programme national tient à l'ampleur et la richesse de détails (notamment au sujet des objectifs scientifiques). Le Plan ne peut être significatif et convaincant que dans la mesure où il est un résumé d'un Grand programme précis et détaillé.

On distingue en théorie deux types de programmation de la R&D :

La programmation descendante et normative où les thèmes et projets de recherche qui composent les divers programmes, sont en quelque sorte imposés d'en haut par l'organe responsable de la politique S&T aux institutions et unités de recherche chargées de leur exécution;

La programmation ascendante et réactive où ce sont les unités et institutions de recherche dans le cadre de leurs Comités de programmes qui suggèrent les thèmes et projets de recherche en haut-lieu; ceux-ci sont alors acceptés, amendés ou rejetés compte tenu d'une part de leur pertinence par rapport aux priorités du développement national, et d'autre part de leur compatibilité avec les objectifs et les moyens du Système scientifique et technologique national.

En réalité, il s'agit fréquemment d'un processus dialectique combinant ces deux types de programmation.

Phase 3 : La budgétisation annuelle par programme et par institutions

Ici on s'interésse à la budgétisation effectuée aux fins de préparation du budget de l'État et non pas à la budgétisation effectuée à usage interne des institutions de recherche. De larges extraits du Manuel de l'Unesco sur la « Budgétisation nationale des activités scientifiques et technologiques » sont utilisés.

C'est au stade de la budgétisation qu'apparaît pour la première fois le découpage annuel et institutionnel des programmes sectoriels de R&D et du programme de recherche fondamentale.

a) Le budget général de l'État : structure et typologie

Les tableaux utilisés dans le budget de l'État revêtent une importance cruciale pour cette phase du cycle PPBE, de même que pour la phase de programmation pluri-annuelle précédente. Il convient de rappeler les nomenclatures et classifications budgétaires les plus employées dans le monde pour l'établissement de ces tableaux budgétaires :

La nomenclature institutionnelle (I) qui fait la liste des organes de l'administration centrale désagrégés en services administratifs responsables de l'exécution du budget. Elle inclut parfois les organismes publics autonomes ou décentralisés ce qui permet d'appréhender la totalité du budget public dévolu au Système scientifique et technologique national.

La classification économique des recettes et des dépenses (E) dans laquelle les recettes sont classées d'après les modalités de perception, et les dépenses d'après leurs incidences économiques sous forme de dépenses de fonctionnement (consommation, subventions, transferts courants, intérêts, etc.) et de dépenses d'investissement (formation brute de capital, investissements financiers, transferts de capitaux, amortissement de la dette, etc.).

La classification par nature ou articles de dépenses (N) qui est une désagrégation de la classification économique des dépenses ci-dessus; elle indique la nature même des biens et des services sur lesquels porte la dépense (personnel, entretien, travaux publics, équippements, etc.).

La classification fonctionnelle ou par finalité (F) qui détaille la destination immédiate ou à brève échéance des dépenses par rapport aux fonctions politiques que doit assurer l'État pour garantir la survie et le développement de la nation (par exemple la fonction « innovation » ou « science et technologie »). Cette classification n'est utilisée que dans les budgets de programmes.

Contrairement aux classifications institutionnelle (I) et par nature des dépenses (N), les classifications économique (E) et fonctionnelle (F) sont sans valeur juridique et comptable mais permettent une analyse économique et politique du budget de l'État et de ses programmes budgétaires.

Le croisement de deux de ces classifications ci-dessus permet d'obtenir différents types de budget (voir le tableau 3) dont les deux principaux sont les suivants :

Le budget administratif traditionnel ou de voies et moyens qui est constitué essentiellement d'un tableau I/N, est l'instrument indispensable d'exécution et de contrôle comptable des dépenses. Il permet notamment de vérifier le respect par les institutions de recherche, des règles de droit budgétaire et de comptabilité publique en vigueur dans le pays (phase 7 du cycle PPBE).

Le budget de programme qui devrait compléter le budget de voies et moyens précité, peut prendre deux formes selon la structure de programmes (cf. phase 2 ci-dessus) adoptée :

Budget institutionnel-programmatique : lorsque les programmes budgétaires sont uniquement rattachés à une institution publique à l'aide d'une classification institutionnelle (c'est-à-dire que P = I), on dit qu'il s'agit d'un budget institutionnel organisé par programmes, ou tout simplement d'un budget institutionnel-programmatique; ce type de budget, qui rend difficile l'identification explicite de programmes pluri-institutionnels, s'appuie toujours sur l'approche institutionnelle des responsabilités gouvernementales, et n'est au mieux qu'un budget corporatif éclairé car il ne modifie en rien les négociations sur l'affectation des ressources aux institutions chargées de l'exécution; ces derniers cherchant naturellement à faire progresser leur influence et leur pouvoir, dominent toujours un débat qui ne peut jamais véritablement remonter au niveau des finalités qui, leur étant extérieures, devraient cependant décider de l'orientation de leur action;

Budget fonctionnel-programmatique : lorsque les programmes budgétaires sont également rattachés dans le budget à une fonction de l'État à l'aide d'une classification fonctionnelle (c'est-à-dire que P = F), on dit qu'il s'agit d'un budget fonctionnel organisé par programmes, ou plus simplement d'un budget fonctionnel-programmatique. Dans ce cas, la ou les lignes budgétaires constituant un programme budgétaire (P) sont non seulement codées avec les classifications institutionnelle (I), économique (E) et par nature des dépenses (N) mais aussi avec la classification fonctionnelle (F). De ce fait on trouve dans ce type de budget, entre autres, un tableau récapitulatif des crédits répartis par institution et par fonction sous-divisée en programmes (I/F-P), et un tableau par catégorie économique et par fonction également sous-divisée en programmes (E/F-P) (voir annexe I). L'unité de discussion n'est plus la ligne budgétaire mais le programme à exécuter dans le cadre d'une fonction précise. Le budget fonctionnel-progammatique permet de coordonner les actions d'institutions ayant des objectifs ou des programmes communs, et donc de formuler et d'exécuter efficacement des programmes pluri-institutionnels. Il s'appuie sur une approche fonctionnelle des responsabilités gouvernementales qui redonne au débat budgétaire un caractère véritablement politique et stratégique au niveau national.

b) Le budget national de la S&T

La présence ou l'absence d'un code de repérage des lignes budgétaires consacrées à la S&T, et la classification à laquelle appartient ce code conditionnent le type de budget de la S&T rencontré dans les pays. L'analyse globale des ressources budgétaires assignées aux activités scientifiques et technologiques peut être intégrée au budget général de l'État ou présentée sous forme d'un budget de composition spécial.

Budget de la S&T intégré

L'utilisation d'une classification fonctionnelle comportant la S&T comme une catégorie à part entière, c'est-à-dire de premier niveau, au même titre que des catégories fonctionnelles comme éducation, santé ou communication, permet d'avoir un budget de la S&T explicite et intégré dans le budget général de l'État qui figure dans le projet de Loi de finances soumis au Parlement. Dans ce cas, le budget général contient un budget de programmes présenté par fonction (i.e. Budget fonctionnel-programmatique; voir plus haut). Il existe dans un tel budget, entre autres, des tableaux récapitulatifs dont l'une des deux dimensions représente les fonctions sous-divisées en programmes, et dont l'autre représente, soit les institutions (tableau F-P/I), soit les catégories économiques (tableau F-P/E), soit encore la nature des dépenses (tableau F-P/N). Ces tableaux fonctionnels permettent une lecture directe du montant total, de l'objet et de la répartition des crédits budgétaires assignés aux activités scientifiques et technologiques. Outre ces tableaux globaux, des tableaux partiels plus détaillés concernant chacune des fonctions et leurs programmes, et donc également la fonction S&T, sont souvent incorporés dans les documents figurant dans le projet de Loi de finances. Les annexes I et II montrent la présentation d'un budget explicite de la S&T intégré dans le budget général de l'État sous forme respectivement d'un tableau récapitulatif F/E et d'un tableau récapitulatif F/I.

La méthode d'allocation des crédits budgétaires de S&T utilisée par les pays dotés d'un budget de la S&T intégré, ne devrait consister ni en un regroupement de toutes les activités scientifiques et technologiques dans un ministère unique qui en asssurerait le financement et la gestion, ni en un éclatement de ces activités entre les ministères ayant des finalités autres que la S&T. La solution recommandée ci-après est intermédiaire. Les crédits de S&T sont, pour leur gestion, laissés aux ministères ou organismes dont les fonctions du point de vue systémique se situent en amont ou en aval de la S&T, afin de ne pas couper la fonction S&T des autres fonctions assumées par l'État, en particulier de la fonction éducation et des fonctions économiques liées à la production de biens et de services. Par contre pour les budgétiser ils sont regroupés fonctionnellement en utilisant le système d'information budgétaire général et les moyens normaux de traitement automatisé de la Direction du budget; puis ils sont instruits et répartis sur le plan interministériel en liaison avec le Ministère des finances par les structures centrales de la politique de la S&T, en particulier l'Organisme directeur de cette politique et, quand il existe, le Comité interministériel pour la S&T. Il n'y a pas de négociation directe entre le Ministère des finances et chacun des divers ministères concernés. Ces derniers sont consultés aux différentes étapes de la procédure budgétaire, mais interviennent essentiellement au début pour fixer le montant et l'objet de leur demande et à la fin pour la gestion des crédits qui leur sont alloués. Une

procédure similaire devrait être suivie pour les autres fonctions collectives assurées par l'État.

Budget de la S&T spécial

Le recours à une classification fonctionnelle comportant la S&T comme une catégorie de second niveau sous toutes les fonctions, ou à une classification ad hoc, ou encore à une analyse particulière, permet d'avoir un budget de la S&T explicite, composé spécialement et séparé du budget général de l'État; ce budget de la S&T qui est présenté dans un document annexe du projet de Loi de finances soumis au Parlement, fait l'objet d'une discussion parlementaire suivie, le cas échéant, d'un vote. Il s'agit d'un véritable budget de la S&T permettant une lecture directe du montant total, de l'objet et de la répartition institutionnelle des crédits budgétaires assignés aux activités scientifiques et technologiques nationales. L'annexe III montre la présentation d'un tel budget.

La technique du budget de composition spécial pour la S&T exige une procédure budgétaire, un circuit d'information et un traitement informatisé différents de ceux employés pour les autres domaines considérés dans le budget général de l'État. A ce titre il entraîne généralement des coûts supplémentaires. Lors de l'instruction du budget annuel, chaque ministre négocie avec le gouvernement le montant total des crédits alloués à son ministère à l'exception des crédits destinés à la S&T. Ceux-ci, regroupés avec les crédits de S&T des autres ministères, sont négociés à part au niveau interministériel par l'organisme directeur de la politique scientifique, le Ministre des finances et le gouvernement. Une fois le budget de la S&T spécial approuvé par le Parlement, ces crédits sont répartis entre les divers ministères concernés aux fins de gestion.

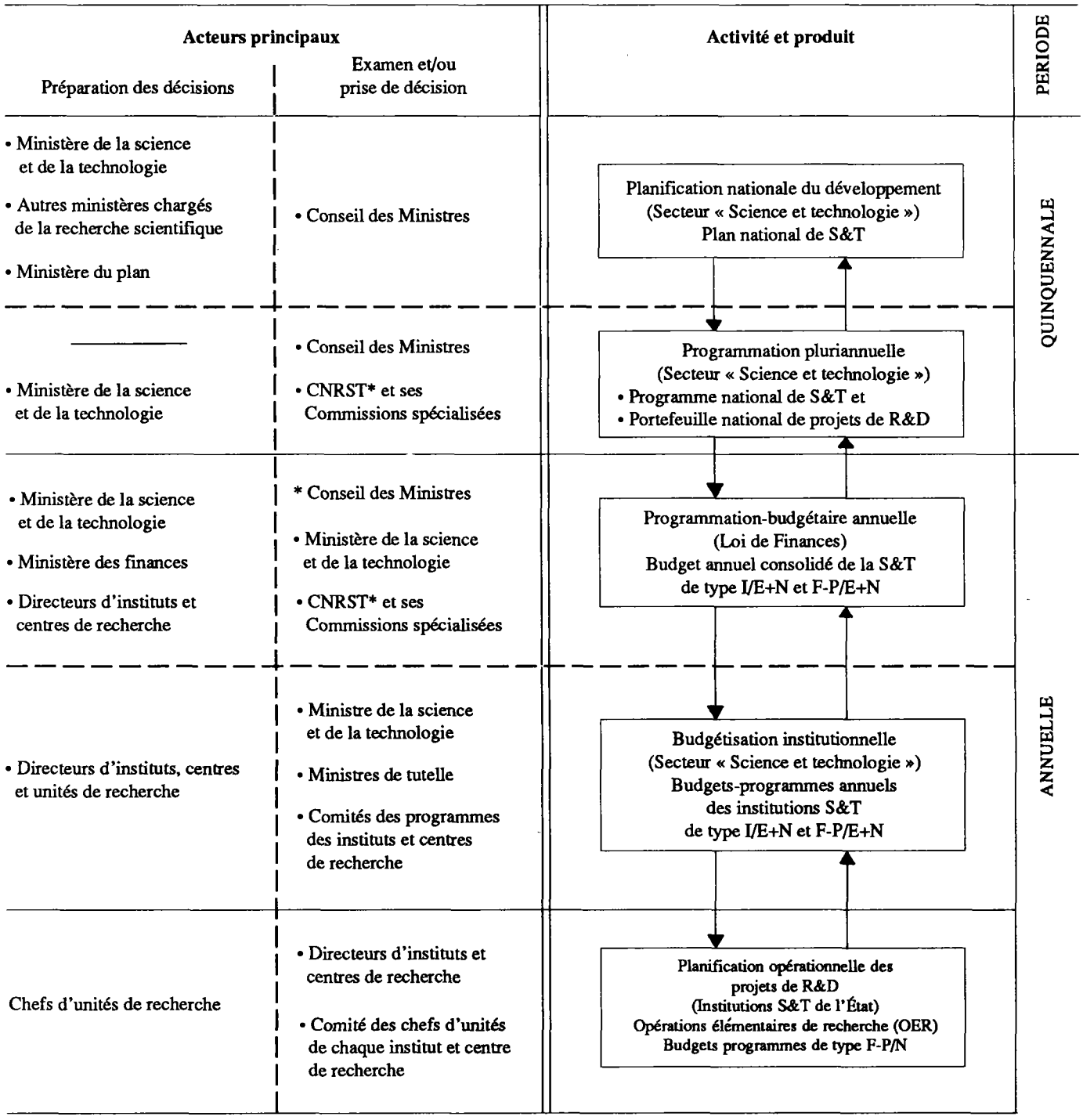
Le tableau synthétique des projets de recherche de toutes les institutions scientifiques du pays constitue le « Portefeuille national de projets de recherche » dont la compilation se fait aisément à partir du budget de programmes au sein duquel chaque programme est généralement subdivisé en plusieurs projets de recherche.

Pour faciliter la visualisation et la compréhension des paragraphes qui précèdent, les acteurs, activités et produits du processus de synthèse progressive débouchant sur la planification, la programmation et la budgétisation sont représentés schématiquement dans le tableau 4.

Tableau 3 : Types de budgets

Classification	Institutionnelle (I)	Économique (E)	Par nature des dépenses (N)	Fonctionnelle (F)
Institutionnelle (I)	1	2 I/E (voir E/I en 5)	3 I/N (voir N/I en 9)	4 I/F (voir F/I en 13)
Économique (E)	(voir I/E en 2) 5 E/I Budget administratif évolué (analyse des incidences économiques des activités des institutions)	6	7 E/N (non applicable car E est un agrégat de N)	8 E/F (voir F/E en 14)
Par nature des dépenses (N)	(voir I/N en 3) 9 N/I Budget administratif traditionnel ou de voies et moyens (instrument d'exécution et de contrôle comptable des dépenses)	(voir E/N en 7) 10 N/E (non applicable car E est un agrégat de N)	11	12 N/F (voir F/N en 15)
Fonctionnelle (F)	(voir I/F en 4) 13 F/I Budget administratif évolué (instrument de coordination des institutions et des programmes pluri-institutionnels)	(voir E/F en 8) 14 F/E Budget politique moderne (analyse des incidences économiques de la politique du développement)	(voir N/F en 12) 15 F/N Budget administratif évolué (analyse de la nature des biens et services consommés, par fonction et programme)	16

Tableau 4. Processus de programmation pluriannuelle et budgétaire de la R&D. Acteurs, activités et produits.


Acteurs principaux
Préparation des décisions
Examen et/ou prise de décision
Activité et produit
PERIODE
• Ministère de la science et de la technologie
• Autres ministères chargés de la recherche scientifique
• Ministère du plan
• Conseil des Ministres
Planification nationale du développement (Secteur « Science et technologie ») Plan national de S&T
QUINQUENNALE
• Conseil des Ministres
• Ministère de la science et de la technologie
• CNRST* et ses Commissions spécialisées
Programmation pluriannuelle (Secteur « Science et technologie ») • Programme national de S&T et • Portefeuille national de projets de R&D
• Ministère de la science et de la technologie
• Ministère des finances
• Directeurs d'instituts et centres de recherche
* Conseil des Ministres
• Ministère de la science et de la technologie
• CNRST* et ses Commissions spécialisées
Programmation-budgétaire annuelle (Loi de Finances) Budget annuel consolidé de la S&T de type I/E+N et F-P/E+N
ANNUELLE
• Directeurs d'instituts, centres et unités de recherche
• Ministre de la science et de la technologie
• Ministres de tutelle
• Comités des programmes des instituts et centres de recherche
Budgétisation institutionnelle (Secteur « Science et technologie ») Budgets-programmes annuels des institutions S&T de type I/E+N et F-P/E+N
Chefs d'unités de recherche
• Directeurs d'instituts et centres de recherche
• Comité des chefs d'unités de chaque institut et centre de recherche
Planification opérationnelle des projets de R&D (Institutions S&T de l'État) Opérations élémentaires de recherche (OER) Budgets programmes de type F-P/N

CNRST = Conseil national de la recherche scientifique et technologique

Phase 4 : L'adoption du budget national de la S&T et des décrets d'attribution

Le budget national de la S&T, qu'il soit intégré explicitement dans le budget de programmes et figure dans le projet de Loi de finances ou qu'il soit composé spécialement et soit présenté dans un document annexe de ce projet, fait l'objet d'une discussion en Conseil des Ministres et au Parlement, suivie le cas échéant d'un vote.

L'adoption de la Loi de finances (et de son annexe) est suivie de la signature des décrets d'attribution. Le budget est alors prêt à être exécuté.

Phase 5 : Exécution des budgets des institutions de R&D et SST

Cette phase constitue à elle seule un vaste domaine qui ne saurait entrer dans le cadre du présent ouvrage [1].

Phase 6 : Comptes rendus d'exécution

Cette phase est non seulement importante en soi, mais elle conditionne en outre la phase de contrôle comptable et d'évaluation qui la suit dans le Cycle PPBE. Les comptes rendus des Institutions et Centres de recherche comprennent nécessairement deux parties, à savoir :

1 Consulter, par exemple, le Document Unesco/NS/ROU/142

Tableau 5. Stades et niveaux de responsabilité de l'évaluation S&T

A. Évaluation des actions (Programmes et projets de R&D)			
Moment choisi / Niveaux	Avant le lancement (A priori ou ex-ante)	En cours d'action	Après achèvement (A posteriori ou ex post)
1. Opérations élémentaires de R&D (OER)	1 • Chef de l'Unité de R&D • Responsable du projet R&D	2 • Chef de l'Unité R&D • Responsable du projet de R&D	3 • Chef de l'Unité de R&D • Responsable du projet de R&D
2. Projets de R&D	4 • Comité des programmes et Directeur de l'institut ou centre de recherche	5 • Chef de l'Unité de R&D • Responsable du projet R&D	6 • Comité des programmes • Directeur de l'institut ou centre de recherche
3. Programmes de R&D (ou sous-programmes)	7 • CNRST* es ses Commissions spécialisées • Ministère de la science et de la technologie	8 • Directeur de l'institut ou du centre de recherche • Responsable du programme de R&D	9 • CNRST* et ses Commissions spécialisées • Ministère de la science et de la technologie
4. Grand programme national de recherche global	10 • CNRST* et ses Commissions spécialisées • Ministère de la science et de la technologie	11	12 • CNRST* et ses Commissions spécialisées • Ministère de la science et de la technologie
B. Évaluation des acteurs			
1. Chercheurs individuels	13 • Instance nationale d'évaluation des chercheurs scientifiques	14 • Chefs d'Unités de R&D	15 • Instance nationale d'évaluation des chercheurs scientifiques
2. Unités de recherche	16 • Comité des programmes de l'institut ou du centre de recherche	17 • Directeurs d'instituts ou centres de recherche	18 • Comité des programmes de l'institut ou centre de recherche • Ministère de la science et de la technologie
3. Institutions (centres) de recherche	19 • Ministère de la science et de la technologie	20 • Ministère de la science et de la technologie	21 • Ministère de la science et de la technologie
4. Système scientifique et technologique national	22	23 • Ministère de la science et de la technologie	24 • CNRST* et ses Commissions spécialisées

CNRST = Conseil national de la recherche scientifique et technologique

a) la partie « financière et administrative » rédigée par les services financiers, administratifs, du personnel et de la maintenance des Institutions et Centres de recherche en suivant les règles de droit budgétaire et de comptabilité publique en vigueur dans le pays;
b) la partie « scientifique » rédigée sur la base des contributions des divers Chefs d'Unités de recherche dans chaque Institution ou Centre de recherche.

Phase 7 : Contrôle comptable et évaluation

Le Contrôle comptable proprement dit des Centres de recherche n'entre pas dans le cadre du présent ouvrage. Il semble cependant que ce contrôle doive incomber, entr'autres, à la Direction des affaires administratives et financières du Ministère de la science et de la technologie, en liaison avec la Direction de la comptabilité du Ministère des finances.

L'évaluation peut, quant à elle, se faire à différents niveaux d'organisation, à différents moments, et porter sur les acteurs et/ou les actions scientifiques et techniques. Le tableau 5 résume schématiquement une organisation possible de ces diverses modalités.

L'évaluation « a priori » (ou ex-ante) des programmes et projets de recherche fait partie intégrante de la programmation-budgétaire. Dans certains pays à économie néo-libérale, le terme « évaluation a priori » tend même à remplacer celui de programmation ou de planification.

L'évaluation « en cours d'action » relève du management des Institutions, Centres et Unités de R&D (tout comme des programmes et projets de R&D). Cela fait partie intégrante de l'exécution des budgets des Institutions et Centres de R&D (Phase 5 du Cycle PPBE).

Quant à l'évaluation « a posteriori » (ou ex-post) tel est bien l'objet principal de la présente Phase 7 du Cycle PPBE.

Le tableau 5 montre que de nombreuses instances collectives (Conseils, Comités, Commissions) y sont plus ou moins engagées et que, tous les niveaux des structures organisationnelles y participent peu ou prou.

Phase 8 : Analyse systématique de situation — Inventaire du potentiel scientifique et technologique national (PST)

Cette analyse de situation constitue à la fois la fin du cycle PPBE et la base du suivant. Elle se fait notamment au vu des résultats de l'Inventaire du potentiel scientifique et technologique national (PST) réalisé au moyen de la méthodologie d'enquête et de traitement informatisé des données mises au point par l'Unesco [1].

2.2 L'algorithme de programmation des activités S&T

La place et l'incidence de la programmation des activités S&T dans le cycle pluri-annuel et annuel PPBE ayant été définies, il convient maintenant d'expliquer sous forme d'un exemple algorithmé les divers stades de la planification-programmation-budgétisation de la R&D (voir algorithme des pages suivantes). Quelques remarques préliminaires s'imposent :

les stades 1, 2 et 3 de l'algorithme concernent la « planification » c'est-à-dire la Phase 1 du cycle PPBE décrit ci-dessus; comme tels, ils n'entrent pas dans le cadre du présent ouvrage et ne seront donc pas examinés dans ce qui suit;

le stade 4 de l'algorithme est cependant « à cheval » sur la planification d'une part et sur la programmation d'autre part (c'est-à-dire sur les phases 1 et 2 du cycle PPBE);

la branche « exogène » du stade 3 de l'algorithme, qui traite du « transfert international de technologie » n'entre pas non plus dans le cadre du présent ouvrage; il convenait cependant de l'y faire figurer « pour mémoire » car elle constitue une part très importante de la politique scientifique et technologique nationale non seulement en tant que telle, mais comme solution alternative à l'un ou l'autre programme de recherche trop coûteux ou qui dépasse les capacités du pays.

La programmation proprement dite commence donc au stade 4 de l'algorithme; se reliant en amont à la planification et en aval à la budgétisation; elle devrait être supervisée par un Comité de coordination paritaire composé de représentants du Ministère du plan, du Ministère de la science et de la technologie et du Ministère des finances. Dans certains pays, cet organe n'est autre que la Commission « recherche scientifique » du Commissariat général au plan.

Les Programmes nationaux de recherche sont dessinés à grands traits (à partir des défis de développement et des problèmes à résoudre issus des stades 2 et 3 de l'algorithme).

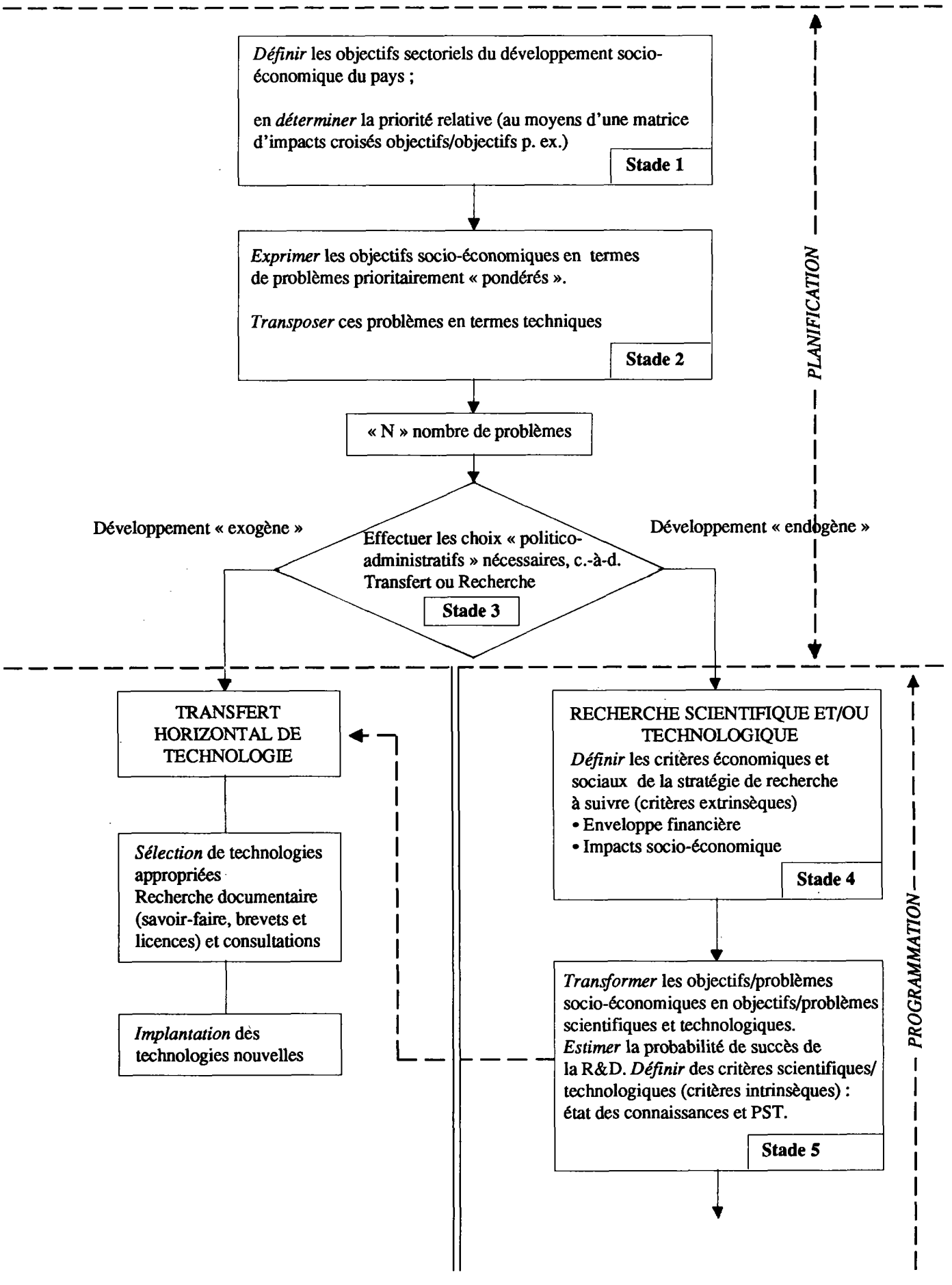
Une première évaluation « a priori » de ces programmes est faite ainsi qu'un premier classement des programmes par ordre de priorité, dérivé des travaux préparatoires du Plan national de développement et d'une estimation des impacts socio-économiques (c'est l'ordre de priorité des problèmes, issu du stade 2). Aucune considération d'ordre institutionnel n'intervient à ce stade (à qui confier les recherches? quelles institutions ou unités de recherche faut-il créer?) En bref, ce sont les critères « extrinsèques » conditionnant les Programmes de recherche qui sont fixés au stade 4 de l'algorithme.

C'est le lieu de rappeler que le Plan national de développement pour une période quinquennale donnée doit contenir, en son chapitre « Science et technologie », des programmes de recherche visant non pas à permettre la réalisation des opérations prévues dans d'autres secteurs de ce Nième Plan (les résultats de recherche ne seraient pas prêts à temps) mais bien les réalisations qui seront appelées par le Plan N+1, N+2, voire même N+3 lorsque les recherches promettent d'être longues et ardues, ou que l'état des connaissances sur les problèmes en question laissent beaucoup à désirer. Bref, on ne peut guère prendre comme point de départ pour l'élaboration du chapitre « Science et technologie » d'un Plan quinquennal donné, les besoins d'« inputs » scientifiques et technologiques dudit Plan, mais bien ceux (prévus ou entrevus) des Plans quinquennaux suivants.

(note cont.) rev. (1981) intitulé *L'administration des établissements de recherche scientifique*, rédigé par l'ancien Sécrétaire du Laboratoire national de physique du Royaume Uni; voir aussi E.S. Hiscocks *Laboratory Administration*, Ed. MacMillan, Londres 1956.

1 Voir *Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technologique national*, no 67 de la Série « Études et documents de politique scientifique », Unesco, Paris, 1987.

Algorithme de programmation de la R&D


Définir les objectifs sectoriels du développement socio-économique du pays ;
en *déterminer* la priorité relative (au moyens d'une matrice d'impacts croisés objectifs/objectifs p. ex.)
Stade 1
Exprimer les objectifs socio-économiques en termes de problèmes prioritairement « pondérés ».
Transposer ces problèmes en termes techniques
Stade 2
« N » nombre de problèmes
Développement « exogène »
Effectuer les choix « politico-administratifs » nécessaires, c.-à-d. Transfert ou Recherche
Stade 3
Développement « endogène »
PLANIFICATION
TRANSFERT HORIZONTAL DE TECHNOLOGIE
Sélection de technologies appropriées
Recherche documentaire (savoir-faire, brevets et licences) et consultations
Implantation dès technologies nouvelles
RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET/OU TECHNOLOGIQUE
Définir les critères économiques et sociaux de la stratégie de recherche à suivre (critères extrinsèques)
• Enveloppe financière
• Impacts socio-économique
Stade 4
Transformer les objectifs/problèmes socio-économiques en objectifs/problèmes scientifiques et technologiques.
Estimer la probabilité de succès de la R&D. *Définir* des critères scientifiques/ technologiques (critères intrinsèques) : état des connaissances et PST.
Stade 5
PROGRAMMATION

Elaborer le programme de recherche, 1, 2 ..., x

Prévoir la *durée* de chaque programme

Évaluer les *ressources* qui devront lui être affectées

1) Finances
2) Personnel
   - Chercheurs
   - Techniciens
   - Administrateurs
3) Bâtiments/équipements
4) Information (livres, périodiques, réunions, etc.)

Établir le diagramme PERT (ou le chronodiagramme) des divers programmes (1, 2, ..., x) dont chaque élément constituera un projet de recherche (P projets pour le programme 1, Q projets pour le programme 2, etc.)

Stade 6

« x » = nombre provisoire de programmes de recherche

Ranger les « x » programmes de recherche par ordre de priorité « pondérée » (au moyen d'une matrice d'impacts croisés entre les « N » problèmes pondérés issus du Stade 2 et les « X » programmes de recherche issus du Stade 6).

Établir une version provisoire du GRAND PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE indiquant la priorité pondérée de chaque programme 1, 2, ..., x.

Stade 7

Assurer la cohérence scientifique des priorités au sein du programmme national de recherche global au moyen d'une matrice scientifique/technologique d'impacts croisés des programmes de recherche

Re-ranger les programmes de recherche par ordre de priorité pondérée

En *adapter* le nombre à l'enveloppe financière.

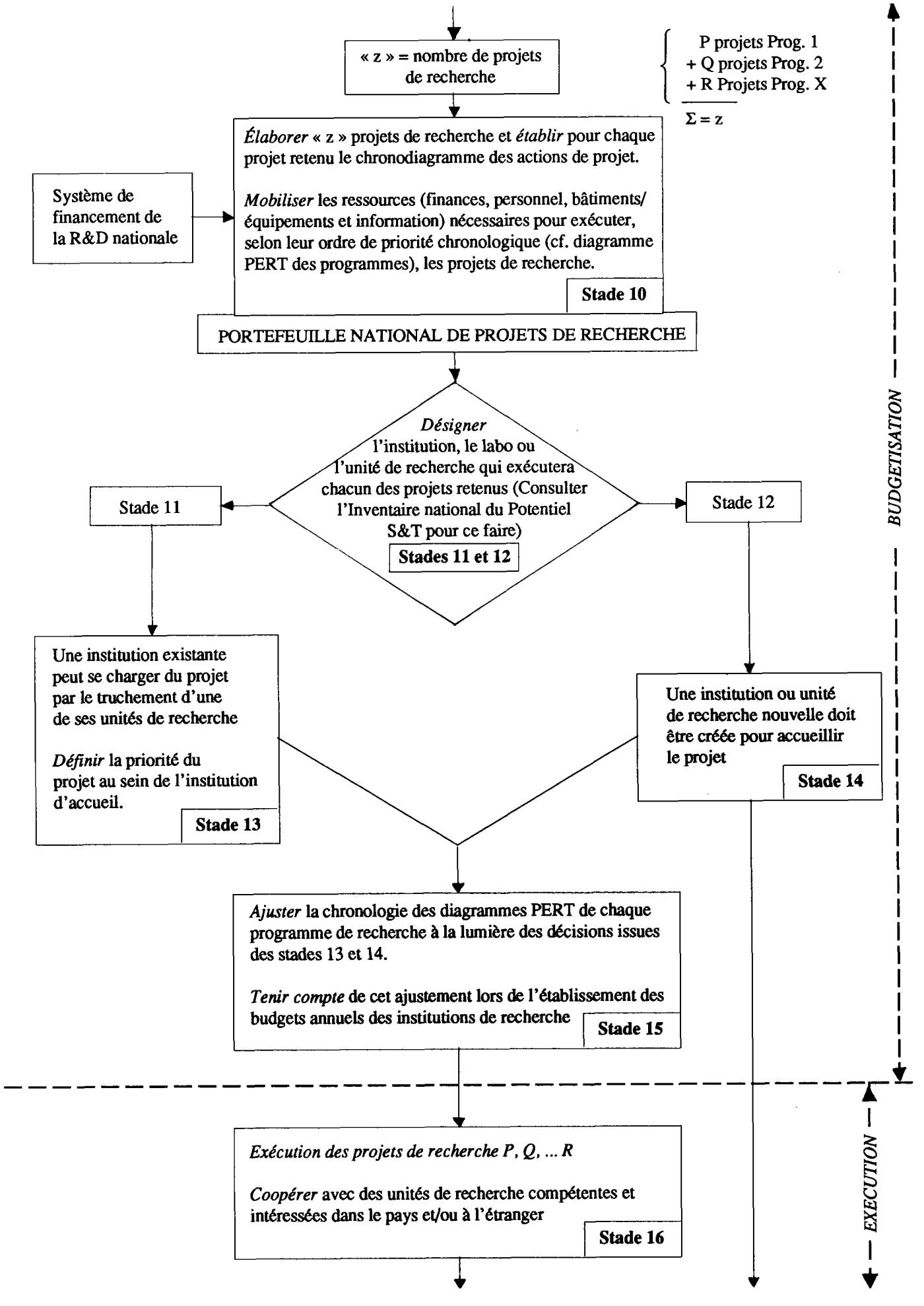
Stade 8

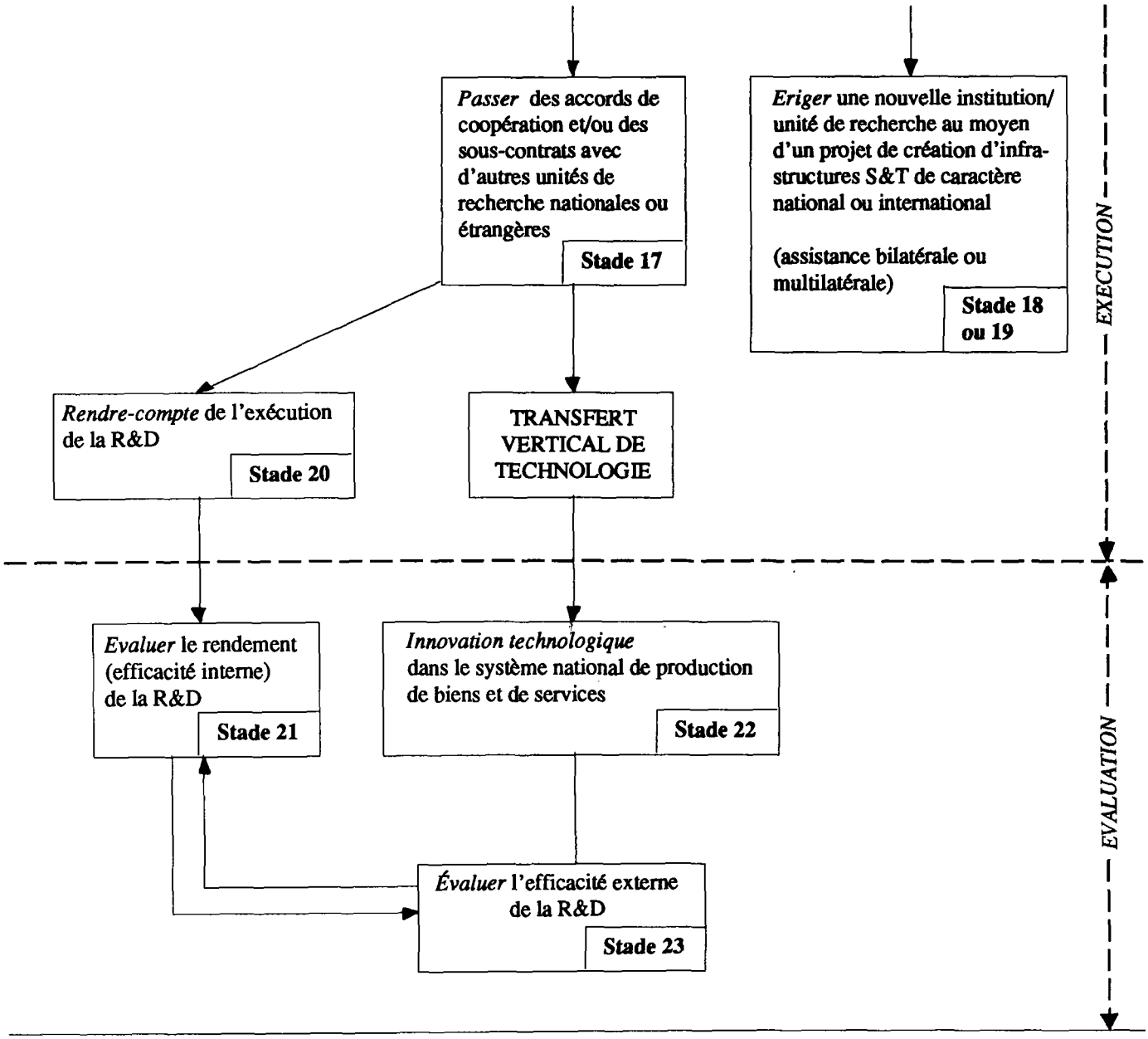
« y » nombre de programmes de recherche

Harmoniser chronologiquement les diagrammes PERT des programmes de recherche qui sont apparentés; éliminer les duplications inutiles.
Ajuster l'enveloppe financière de la version définitive du GRAND PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE.

Prévoir des liens formels de coopération entre institutions, labos et unités de recherche participant aux mêmes programmes.

Stade9


« z » = nombre de projets de recherche
P projets Prog. 1
+ Q projets Prog. 2
+ R Projets Prog. X
Σ = z
Élaborer « z » projets de recherche et établir pour chaque projet retenu le chronodiagramme des actions de projet.
Mobiliser les ressources (finances, personnel, bâtiments/ équipements et information) nécessaires pour exécuter, selon leur ordre de priorité chronologique (cf. diagramme PERT des programmes), les projets de recherche.
Stade 10
Système de financement de la R&D nationale
PORTEFEUILLE NATIONAL DE PROJETS DE RECHERCHE
Désigner l'institution, le labo ou l'unité de recherche qui exécutera chacun des projets retenus (Consulter l'Inventaire national du Potentiel S&T pour ce faire)
Stades 11 et 12
Stade 11
Stade 12
Une institution existante peut se charger du projet par le truchement d'une de ses unités de recherche
Définir la priorité du projet au sein de l'institution d'accueil.
Stade 13
Une institution ou unité de recherche nouvelle doit être créée pour accueillir le projet
Stade 14
Ajuster la chronologie des diagrammes PERT de chaque programme de recherche à la lumière des décisions issues des stades 13 et 14.
Tenir compte de cet ajustement lors de l'établissement des budgets annuels des institutions de recherche
Stade 15
Exécution des projets de recherche P, Q, ... R
Coopérer avec des unités de recherche compétentes et intéressées dans le pays et/ou à l'étranger
Stade 16
BUDGETISATION
EXECUTION


Passer des accords de coopération et/ou des sous-contrats avec d'autres unités de recherche nationales ou étrangères
Stade 17
Eriger une nouvelle institution/ unité de recherche au moyen d'un projet de création d'infra-structures S&T de caractère national ou international
(assistance bilatérale ou multilatérale)
Stade 18 ou 19
EXECUTION
Rendre-compte de l'exécution de la R&D
Stade 20
TRANSFERT VERTICAL DE TECHNOLOGIE
Evaluer le rendement (efficacité interne) de la R&D
Stade 21
Innovation technologique dans le système national de production de biens et de services
Stade 22
Évaluer l'efficacité externe de la R&D
Stade 23
EVALUATION

C'est au stade 5 de l'algorithme qu'a lieu la transformation des programmes de recherche exprimés en termes d'objectifs socio-économiques (p. ex. développer et implanter des technologies de traitement des bois) et culturels (p. ex. développer telle ou telle discipline de la science) en programmes de R&D proprement dits c.-à-d. exprimés en termes d'objectifs scientifiques et technologiques.

Cette « transformation » appartient aux Commissions spécialisées du Conseil national de la recherche scientifique et technologique (CNRST). Les Directeurs des Institutions et Centres de recherche y participent activement puisqu'ils sont en général membres des Commissions spécialisées du CNRST, chacun dans le domaine qui le concerne.

Les critères « intrinsèques » qui conditionnent les programmes de R&D ainsi mis au point incluent :

a) une synthèse évaluative de l'état des connaissances scientifiques sur le sujet;
b) une évaluation des compétences existant dans le pays pour s'attaquer scientifiquement au problème;
c) une estimation des probabilités de succès (c'est-à-dire d'obtenir les résultats scientifiques escomptés).

Les programmes de R&D s'étant ainsi vus assigner des objectifs scientifiques et technologiques précis sont rangés à nouveau par ordre de priorité, à la lumière des critères a, b et c ci-dessus.

Stade 6 de l'algorithme : poursuivant leur effort, les Commissions spécialisées du CNRST, principalement aidées cette fois par les Directeurs des Institutions et Centres de recherche et leurs collaborateurs, vont élaborer chaque programme de recherche.

Ils en établiront le Chronodiagramme [1] et en définiront grosso modo les éléments constitutifs (projets de recherche) ainsi que leur coût.

Stade 7 de l'algorithme : chaque programme de recherche ayant reçu au stade 5 son numéro d'ordre de priorité dans l'absolu, il faut maintenant les ranger selon leur ordre de priorité « pondérée » au moyen d'une matrice d'impact-croisé problème/programme (où chaque programme est jugé par des notes 4, 2, 1, 0 selon qu'il ait une influence critique, grande, petite ou nulle sur chaque « problème » — issu du stade 2 — qui lui a donné naissance).

On établit sur cette base la version provisoire du Grand programme national de recherche (GPNR).

Stade 8 de l'algorithme : la cohérence scientifique de cette vision provisoire est ajustée — du point de vue du rang de priorité des programmes — au moyen d'une deuxième matrice d'impacts croisés, programmes/programmes cette fois. Certains programmes peuvent ainsi voir leur ordre de priorité augmenter car ils ont un impact important sur la réussite d'autres programmes; ceux qui n'ont pas de tel(s) impact(s) verront en conséquence leur ordre de priorité diminuer.

Ce stade 8 est parfois nommé le « stade de la hache » car c'est ici qu'est fixé le nombre de programmes retenus pour la période quinquennale en question selon les possibilités de l'enveloppe financière allouée au GPNR aux stades 3 et 4.

Stade 9 de l'algorithme : on harmonise alors les chronodiagrammes (ou diagrammes PERT) des divers programmes retenus, ce qui établit un ordre de priorité chronologique entre projets d'un même programme : on élimine les duplications inutiles entre projets de recherche, ou les liens de coopération à établir entre eux. L'enveloppe financière globale du GPNR est ajustée en conséquence (en plus ou en moins). On établit alors la version définitive du Grand programme national de recherche.

Stade 10 de l'algorithme : les Comités de programmes et Directeurs de Centres et Unités de recherche élaborent les divers projets de recherche grossièrement définis au stade 6 en s'assurant que les ressources (humaines, financières, informationnelles et matérielles) dont ils auront besoin seront mobilisables le moment venu, selon leur ordre de priorité chronologique établi au stade 9.

On établit alors le *Portefeuille national de projets de recherche* dont la liste informatisée indiquera les budgets (fonctionnement et investissement) ainsi que le personnel de recherche (chercheurs et techniciens) requis et l'Institution, le Laboratoire et Unité de recherche responsables (voir stade 11).

Ces renseignements serviront chaque année à établir les budgets (I/E+N et F-P/E+N) des Centres de recherche.

Le stade 10 est donc celui qui fait la liaison entre la programmation pluri-annuelle (phase 2 du cycle PPBE) et la budgétisation annuelle (phase 3 du cycle PPBE).

C'est aux stades 11 et 12 — en fait simultanément au stade 10 — que seront désignés l'Institution, le Laboratoire et l'Unité de recherche responsables de l'exécution de chaque projet de recherche.

Stade 11 de l'algorithme : si un Centre de recherche existant peut accueillir le projet qui lui est imparti, dans une de ses Unités de recherche, il doit lui accorder une priorité de premier rang (sinon la première) en son sein (stade 13).

Stade 12 de l'algorithme : si aucun Centre de recherche ne peut accueillir le programme ou le projet sous examen il faut considérer l'opportunité de créer un nouveau Centre ou une nouvelle Unité de recherche (stade 14) ce qui peut demander plusieurs années et l'appel à la coopération internationale.

C'est pourquoi la priorité chronologique des projets de recherche au sein de chaque programme (établie au stade 9) peut être à revoir; il faudra tenir compte de cet ajustement dans la fixation du budget des centres de recherche (stade 15).

Ainsi se terminent les phases 2 et 3 du cycle PPBE qui sont au cœur même du présent ouvrage.

3. Les tâches principales à effectuer au cours du cycle PPBE

La figure 6 indiquait les diverses phases de la mise en œuvre du cycle de « planification-programmation-budgétisation-évaluation » de la R&D. On en précisera maintenant le contenu opérationnel en indiquant au passage les divers outils et techniques de management (ou d'animation) qui leur correspondent.

---

1 Lorsque plusieurs programmes (dont l'exécution est parfois confiée à deux ou plusieurs Centres) sont en dépendance réciproque à diverses étapes de leur avancement, il faut utiliser le diagramme PERT au lieu d'un simple chronodiagramme par programme individuel. Il en est de même des divers projets de recherche au sein d'un même programme.

Tableau 6

Titre de la tâche 1	Besoins à satisfaire	Objectifs de la tâche	Actions concrètes	Outils	Durée
Étude préalable	Orientation des besoins de la société ou des besoins du marché	Analyse des besoins et détermination des objectifs stratégiques	Préétudes, analyse du comportement des acteurs : • clients • concurrents	Analyses de marché et sociologiques Analyses stratégiques Analyse de la concurrence Plan Brevets Documentation Design Créativité Prospective Prévision technologique	2 mois à 1 an
Responsables de la tâche : Sevices techniques de l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique (central ou sectoriel); Bureaux d'étude					
Résultats et décisions à l'issue de la tâche :					
	Cahier des besoins et des critères à satisfaire, Cahier des charges du programme		Prérapports Esquisses Epures « Groupe programme »		
Acteurs décisionnels: Comité interministériel de la R&D Organisme directeur de la politique scientifique et technologique (central ou sectoriel)					

3.1 Étude préalable du problème (phase 1 du cycle PPBE)

La formulation des recherches à entreprendre et les diverses études qui précisent le contenu et l'orientation de cette tâche sont représentées dans le tableau 6.

L'étude préalable du problème à résoudre consiste d'abord à bien le définir — non seulement en termes socio-économiques, mais aussi en termes techniques — en se fondant sur les besoins de la société (ou du marché) ce qui, concrètement, consiste à analyser les comportements du public, des clients, mais aussi des autres pays ou des concurrents qui se sont éventuellement préoccupés de résoudre le même type de problème.

L'approche utilisée ici a pour objectifs une bonne analyse des besoins de la société, et la détermination des objectifs socio-économiques qui devront être atteints. Ce n'est donc pas une approche scientifique et technologique au sens restreint, comme on le voit encore trop souvent lors du démarrage d'une recherche appliquée. C'est une démarche tournée vers la société et l'économie, c'est-à-dire vers l'extérieur du système scientifique et technologique national.

Les outils utilisables sont nombreux : méthodes d'anticipation (prospective, prévisions technologique, cf. partie III) mais aussi outils traditionnels de marketing et d'analyse sociologique, analyses de la concurrence et analyses stratégiques (cf. partie III).

Un vaste fonds documentaire, une large banque de données notamment sur les brevets, et les références au Plan national de développement forment une base d'information indispensable.

Les apports des techniques de créativité (« brain-storming », synectique, heuristique automatique, etc.) et, dans le cas de recherches industrielles, le thésaurus « design » (esthétique industrielle, partie d'architecture, etc.) sont très fréquemment appréciés à ce stade de réflexions.

Les actions concrètes durant cette phase d'études préalables, à savoir la rédaction de pré-rapports, l'élaboration d'esquisses et d'épures, permettent d'établir un cahier des charges, pour la réalisation d'une étude de factibilité plus détaillée et technique comme indiqué dans le tableau 7 relatif à la tâche n° 2.

A l'issue de l'étude du problème, réalisée par les services de l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique nationale, les décideurs (p. ex. le Conseil national de la politique scientifique) allouent des crédits à une Institution ou une Unité de recherche pour poursuivre la recherche appliquée, ou au contraire font refaire un certain nombre d'analyses préalables, remettant ainsi leur décision à plus tard. Ils peuvent également arrêter l'investigation à ce stade.

L'ensemble de la tâche n° 1 dure rarement moins de deux mois, et ne devrait pas excéder un an. Si en un an, en effet, on n'a pas été capable de comprendre les besoins, c'est que ceux-ci ne s'expriment pas de manière concrète et ne correspondent qu'à des interprétations intellectuelles ou imaginaires effectuées par ceux qui sont censés les déceler. C'est également une indication que le système décisionnel mis en place n'est pas efficace.

Dans un processus de programmation bien construit, c'est-à-dire évolutif au cours du temps, la phase n° 1 d'étude du problème peut être reprise périodiquement, parallèlement aux phases ultérieures de durée beaucoup plus longue. Il est alors possible que les tendances dégagées à cette occasion (inflexion des besoins, nouvelle formulation du problème, etc.) puissent avoir des influences sur les décisions des autres phases.

Tableau 7

Titre de la tâche 2	Besoins à satisfaire	Objectifs de la tâche	Actions concrètes	Outils	Durée
Programmation budgétaire	Cahier des charges, des besoins à satisfaire	Scénarios alternatifs de réalisation	Préétudes de factibilité Planning Programmation Budget prévisionnel	Analyse de la valeur Conception coût objectif Réduction des variétés Plans d'expérience Actualisation et méthodes coûts/avantages Méthodes de sélection des projets	6 à 18 mois
Responsables de la phase : « Groupe programme »					
Résultats et décisions à l'issue de la tâche :					
	Cahier des charges précisé pour le programme (la solution alternative choisie) Tâche 3		Maquettes Choix du Chef de programme Constitution d'une équipe programme, composée d'une ou de plusieurs unités de recherche, chargées des projets de R&D composant le programme		
Acteurs décisionnels : Organisme directeur de la politique scientifique et technologique (central ou sectoriel)					

3.2 Programmation proprement dite de la recherche (phases 2 et 3 du cycle PPBE)

Reprenant le cahier des charges (des besoins à satisfaire) obtenu à l'issue de la tâche précédente, une seconde tâche doit alors être entreprise (voir Tabl. 7).

La phase de décision de programmation d'une activité de R&D consiste à préciser les besoins à satisfaire compte tenu des connaissances et moyens disponibles. Il s'agit donc d'une démarche de factibilité où l'aspect du réalisme prend nettement le pas sur celui du désir.

Cette tâche a pour but d'établir un certain nombre de scénarios alternatifs de réalisation qui indiquent comment les programmes de recherche seront conduits, par qui, avec quels équipements, selon quel calendrier, avec quel budget. Il ne s'agit donc plus de l'intrigue de la pièce mais de sa mise en scène. Dans le cadre des indications du plan, des lignes directrices d'un programme général ou d'un schéma directeur, s'inscrivent le phasage des opérations (planning), l'indication du calendrier des évènements financiers et de contrôle des résultats (programmation), l'élaboration d'un budget prévisionnel indiquant les sources de financement, les institutions bénéficiaires, l'affectation des montants.

Les outils utilisés durant cette phase sont pour l'essentiel des techniques de sélection de programmes et projets de recherche (cf. partie III du présent rapport ainsi que le § 7.2.3 du manuel n° 48) afin de déterminer les possibilités alternatives qui répondent le mieux à l'ensemble des critères du programme. Un large recours est simultanément effectué aux techniques de gestion d'entreprise qui font intervenir les notions de coût. L'analyse de la valeur permet notamment de faire le lien entre les fonctions à remplir indiquées par le cahier des charges général et les solutions proposées dans le scénario de programme. Deux techniques dérivées, largement utilisées maintenant, la conception par coûts objectifs (plus normative que l'analyse de la valeur) et la réduction de variétés (qui correspond à une démarche plus industrielle) peuvent également être utilisées. Dans certains cas, afin de préciser le calendrier, des études particulières peuvent être lancées : PERT, plans d'expérience, schémas d'organisation. Par ailleurs, des procédures de réduction des risques liés à l'innovation sont mises en place [1].

1 Voir M. Bayen, *Méthodes utilisées aux États-Unis dans le domaine de la planification et des développements des technologies,* CPE no 12, Ministère de l'industrie et de la recherche, Paris 1983. Voir notamment les procédures de : établissement des caractéristiques progrès par étapes, modèles et prototypes distincts, essais rapides et répétés, développements parallèles, améliorations successives, transparence technologique, évaluation industrielle.

Tableau 8

Titre de la tâche 3	Besoins à satisfaire	Objectifs de la tâche	Actions concrètes	Outils	Durée
Exécution des recherches S&T	Cahier des charges du programme (besoins et critères)	Dossier détaillé de la recherche programmation à respecter	Réalisation détaillée de la recherche	Méthodes de suivi des coûts tableau de bord	1 à 5 ans
Responsables de la tâche : Chef de programme					
Résultats et décisions à l'issue de la tâche :					
	Cahier des charges du développement expérimental		Essais sur prototypes, tests		
Acteurs décisionnels : Organisme directeur de la politique scientifique et technologique (central ou sectoriel)					

Enfin, dans le cas où la notion de rentabilité doit départager les diverses possibilités alternatives de réalisation, des calculs coût/avantage, ou dérivés des méthodes d'actualisation, sont effectués.

C'est un « groupe programme » plus structuré et orienté que l'équipe de la tâche 1 qui commande ou réalise l'ensemble de ces tâches. Sa finalité est de préciser le cahier des charges en le rendant opérationnel. Cette proposition d'action (ce programme) est soumise à l'autorité de tutelle ou au décideur financier qui, dans le meilleur des cas, à la vue d'une ou plusieurs maquettes de réalisation, engagera les crédits nécessaires en rendant responsable un chef de programme qui lui-même arrêtera pour la durée du programme la composition de son équipe.

Cette phase décisionnelle est pratiquement et psychologiquement extrêmement importante. Elle prend valeur de contrat entre les diverses parties de réalisation S&T et de décision politique et financière.

S'il était désigné plus tôt, le chef de programme n'aurait pas des fonctions clairement précisées. Il aurait à faire évoluer une idée au lieu de réaliser un programme. S'il n'est pas nommé à l'issue de la tâche 2 (ou s'il ne s'impose pas de lui-même), le chef de programme fera défaut ou sera controversé ultérieurement. Dans le meilleur des cas, le programme (et ses divers projets) évoluera vers une réalisation différente, en fait non conforme au cahier des charges et donc à la volonté de l'autorité responsable; dans le moins bon, le programme n'aboutira pas.

Très fréquemment, l'expérience montre que le choix du chef de programme s'effectue en dehors des hommes qui ont participé à l'équipe ayant travaillé durant la tâche 1, et parfois même durant la tâche 2. Un tel choix, qui ne doit pas être systématique, est logique. Ce n'est pas la même chose de travailler d'une manière exploratoire (tâche 1) et de respecter un programme (défini dans la tâche 2) qui, s'il est bien préparé, limite beaucoup les initiatives en mettant l'accent sur les coûts et les délais.

La durée de la tâche 2, dont l'aboutissement vient d'être décrit, est, selon les programmes de six à dix-huit mois. Six mois au moins, car tous les travaux de préparation de l'exécution qui viennent d'être évoqués sont difficilement réalisables en moins de temps. De même, les consensus à établir pour aboutir à la nomination d'un chef de programme reconnu demande un délai de cet ordre. Par contre, si au bout de dix-huit mois, rien de tel ne s'est produit, l'expérience montre que, le plus souvent, le programme échoue. En fait, l'autorité responsable ne tient pas à trancher et l'arrêter mais le laisse dériver, tournant son intérêt vers d'autres domaines d'activité.

3.3 Exécution de la recherche : expérimentation et développement (phase 5 du cycle PPBE)

La réalisation de cette tâche s'effectue comme indiqué dans le tableau 8.

L'exécution de la recherche appliquée proprement dite, sous l'autorité d'un chef de programme, a une durée variable selon les secteurs industriels. On peut la situer entre six mois et trois ans. Dans le cas de programmes (ou projets) non industriels (en vue d'une innovation sociale, par exemple), cet ordre de grandeur n'est pas changé. En respectant le calendrier prévu par la programmation, la recherche doit déboucher sur une expérimentation, grâce à la réalisation d'un ou plusieurs prototypes ou à la mise au point de tests (enquêtes d'opinion, micro-réalisation sur le terrain, etc.). Les effets sur l'environnement (social, naturel) sont mesurés à cette occasion.

Les outils disponibles pour cette phase sont classiques. Il s'agit de tenir un tableau de bord qui permet d'exprimer les écarts de la réalisation avec ce qui était prévu par la programmation.

Simultanément, un certain nombre d'ébauches et d'études appliquées seront conduites en vue de l'application en vraie grandeur. Généralement, les aspects de commercialisation du futur produit, de mise en œuvre industrielle, d'organisation et

de méthodes, de contrôle de la qualité et de politique d'achat (équipements et constituants) sont pris en considération à cette époque.

Si les essais sur prototypes sont concluants, la décision de poursuivre ou d'arrêter, ce qui engage des crédits considérables, relativement aux dépenses effectuées jusqu'alors, est prise par l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique nationale.

4. Préoccupations usuelles lors de la programmation

4.1 Les problèmes de choix

Les diverses phases du processus de programmation qui viennent d'être décrites ci-dessus font appel globalement à de très nombreux outils d'anticipation, de sélection et d'analyse de la situation, tels que détaillés plus loin dans la partie III.

Dans tous les cas, ces méthodes et techniques ont recours à des critères d'appréciation qui permettent de préciser le jugement, de quantifier et de valoriser.

Sans être obligatoirement identiques d'un type de programme à l'autre, les critères correspondent à des grandes familles de questions qu'il convient de se poser lors du lancement d'un nouveau programme (ou projet) de recherche. La liste non limitative, qui suit, en fournit des exemples.

4.1.1 Factibilité (Peut-on le faire?)

a) Critères extrinsèques :

Le programme de recherche s'intègre-t-il dans les objectifs à long terme du Plan national de développement?
Le programme respecte-t-il les réglementations en vigueur? Sur le plan juridique? administratif? éthique?
Le nombre de solutions alternatives recherchées est-il satisfaisant?
Les résultats escomptés par le programme sont-ils brevetables?

b) Critères instrinsèques :

Les connaissances scientifiques fondamentales sont-elles actuellement suffisantes pour entreprendre le programme? Disponsibles?
Les personnels de recherche sont-ils à la fois compétents et disponibles pour entreprendre le programme?
Les laboratoires et stations de recherche nécessaires sont-ils disponibles?

4.1.2 Finalité (A quoi cela sert-il?)

Le programme de recherche débouchera-t-il sur un nouveau processus ou sur un nouveau produit (ou une gamme de produits identifiables)?
Le programme vise-t-il à substituer un (ou des) processus ou produits déjà existants?

Le processus ou produit développé pourra-t-il :
- évoluer?
- être exporté?
- améliorer l'image de l'institution, de l'entreprise ou du laboratoire concerné?
- avoir une incidence sur l'emploi?
- améliorer les recettes financières de l'institution, de l'entreprise ou du laboratoire concerné?

4.1.3 Débouchés (Cela se vendra-t-il?)

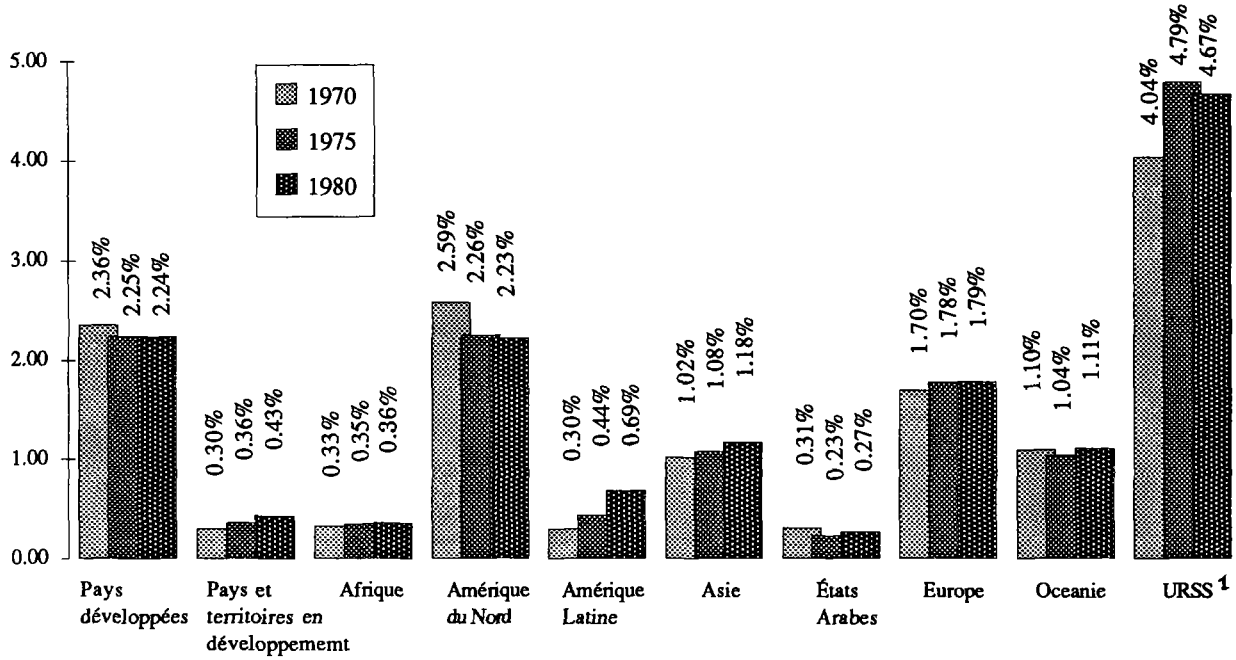
Le programme de recherche correspond-il à des demandes de marché existantes? Les résultats exprimés sont-ils exprimables sous forme d'arguments de vente?
Le programme de recherche se situe-t-il dans une zone de faible concurrence?
Les résultats escomptés du programme de recherche correspondent-ils aux habitudes des usagers?
Le programme de recherche débouchera-t-il sur des demandes économiques ou sociales de grande importance quantitative et/ou financière?
L'applicabilité des résultats du programme de recherche dépend-elle de phénomènes conjoncturels favorables (modes, règlements et normes, saisonnalité)?
Les résultats du programme de recherche entraîneront-ils des achats complémentaires d'autres produits?

4.1.4 Industrialisation (Sait-on fabriquer?)

La production ultérieure est-elle aisée (équipements et outillages, personnels de production et de préparation de la production, matières premières)?
Les prestations extérieures nécessaires sont-elles bien dominées (sous-traitance, fournisseurs et composants)?
Le prix de revient sera-t-il maîtrisé rapidement?
L'organisation du travail restera-t-elle inchangée ou similaire aux conditions présentes?

4.1.5 Stratégie (Est-ce stratégique?)

Les processus ou produits sur lesquels débouche le programme de recherche correspondent-ils à un marché stable, sur une longue période (durée de vie du projet)?
Ces processus ou produits rendront-ils la vie plus difficile aux concurrents?
Le programme de recherche, s'il aboutit, permettra-t-il la constitution d'un dossier crédible pour un financier (appréciation du capital investi, flux de trésorerie, valeur résiduelle du projet, analyse du risque)?
Les fonctions remplies par le programme ont-elles un caractère indispensable, qui garantit l'opération contre les aléas et crises de la demande?
Les risques de faire le programme ou de ne pas le faire sont-ils évalués du point de vue des conséquences pour la nation? l'entreprise? pour l'environnement? les tensions internationales?



1 Les données se réfèrent aux « dépenses pour la science ».

Fig. 7. Dépenses de R&D en pourcentage du produit national brut (PNB). Estimations pour 1970, 1975 et 1980. Source: Office des statistiques de l'Unesco.

4.1.6 Autres critères d'évaluation « a priori » d'un programme de recherche

Les listes partielles qui précèdent doivent être complétées en fonction de la spécificité du sujet à traiter. On en trouve de nombreux exemples dans des publications traitant des critères et procédures de détermination des priorités des programmes et projets de R&D [1].

L'essentiel est de respecter une bonne homogénéité dans le degré de généralité ou de précision des critères afin qu'il n'y ait pas trop de disparité dans les points de vue exprimés par chacun d'entre eux. Par ailleurs, ces critères doivent être pondérés ou hiérarchisés, qu'il s'agisse de l'élaboration du Grand programme national de recherche ou du schéma directeur d'évolution du Système scientifique et technologique national, ou qu'il s'agisse de la procédure de sélection de programmes de projet de R&D dans une entreprise.

4.2 Les considérations pratiques

Au-delà des considérations qui précèdent, plutôt orientées vers les aspects méthodologiques (utilisation d'outils et de critères) et les aspects organisationnels (relations entre les diverses phases du processus de programmation, information et négociation entre les responsables et services concernés), se situe un ensemble de règles invariantes, dont l'observation peut aider l'équipe chargée de la programmation de la R&D.

4.2.1 Le Budget national de la S&T (phases 3 et 4 du cycle PPBE)

C'est le montant budgétaire global consacré aux activités S&T pendant la période prise en compte par la programmation. La détermination de ce montant est très politique et bien que des éléments rationnels puissent intervenir, bien d'autres facteurs sont à prendre en compte.

En ce qui concerne le Budget national de R&D ou « enveloppe recherche », les éléments comparatifs sont fréquemment utilisés pour orienter la programmation-budgétaire pluri-annuelle.

Afin de rendre la comparaison possible, on rapporte souvent les « Dépenses nationales de R&D » (DNRD) au produit national brut (somme des valeurs ajoutées du pays) ou au Produit matériel net (PMN) dans les pays socialistes.

Les dépenses de recherche moyennes par région du monde, durant la décennie soixante-dix, en pourcentage du produit national brut sont représentées sur la figure 7 [1].

L'évolution de la dépense nationale de R &D (DNRD) en pourcentage du produit national brut (PNB) et du produit matériel net (PMN) dans seize pays développés, pendant les mêmes années, est indiquée sur la figure 8.

1 Voir notamment : *Méthode de détermination des priorités dans le domaine de la science et de la technologie,* n° 40 dans la Série « Études et documents de politique scientifique », Unesco, Paris, 1977. — Voir également : M. Bayen, Étude CPE n° 12, *op. cit.*

1 La définition du concept « Dépenses de recherche », adoptée par l'Unesco, est donnée en Annexe IV. Il ne faut pas confondre les dépenses nationales de R&D (DNRD) qui sont issues de statistiques rassemblées *a posteriori* avec le budget national de R&D (ou envelopppe-recherche) issu de la Loi des finances (donc *a priori*).

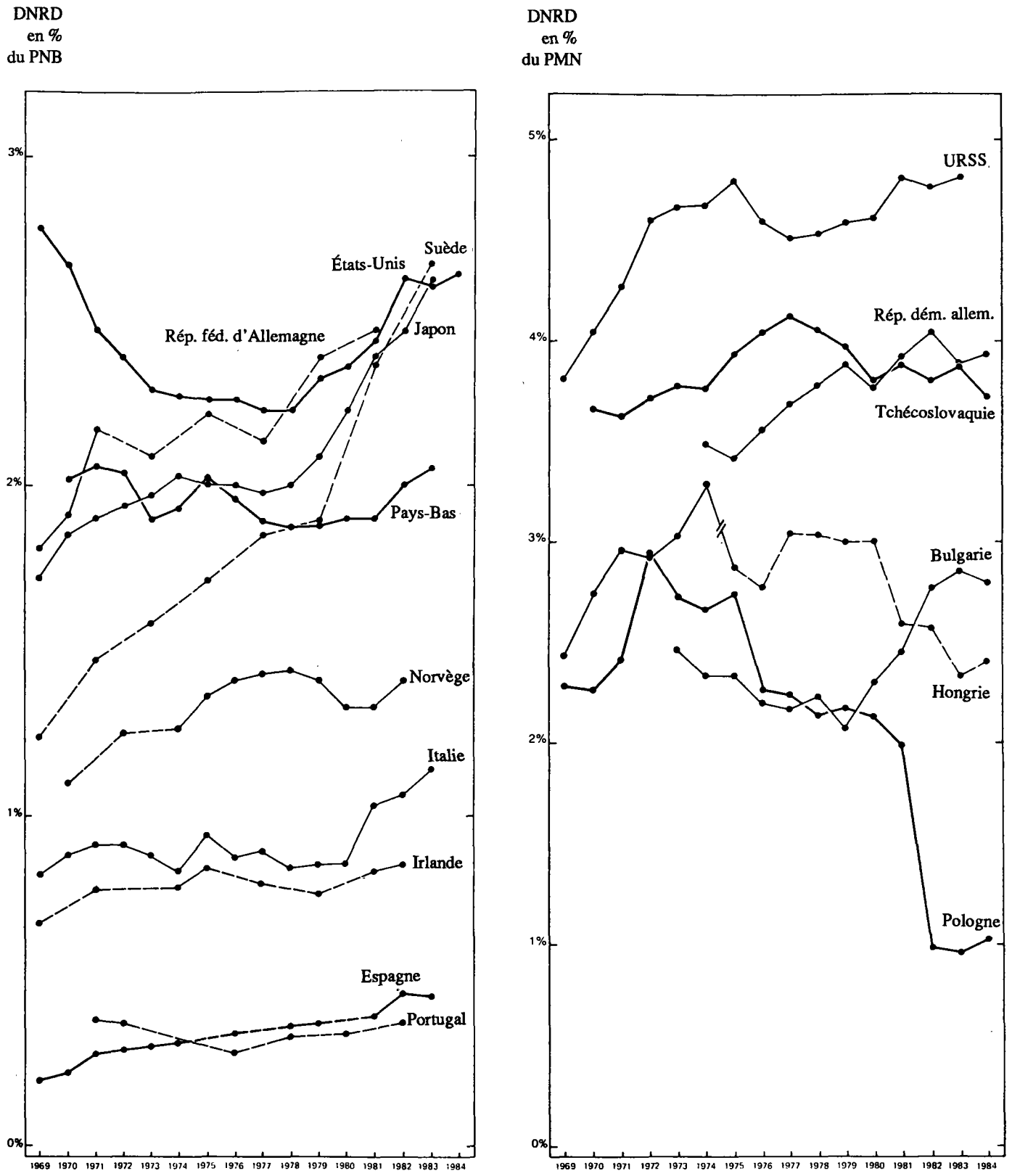


Figure 8. Dépenses totales de R&D en pourcentage du PNB ou du PMN.

Source: Office des Statistiques, Unesco.

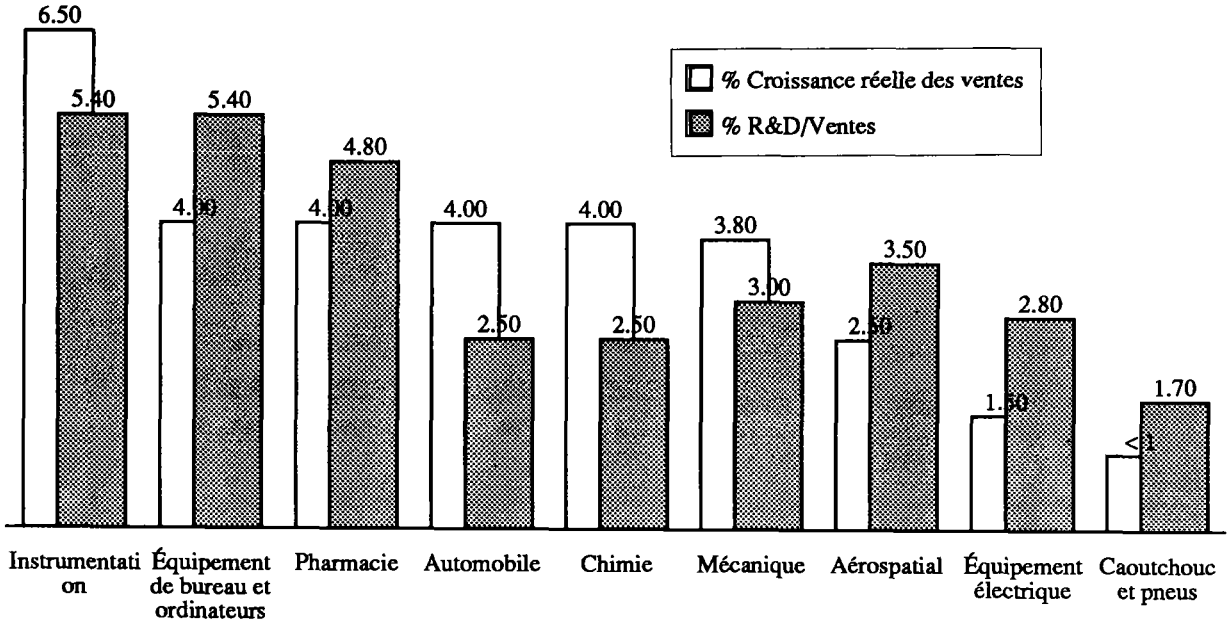


Figure 9. États-Unis. Croissance des industries à forte intensité de R&D (1973-1977)

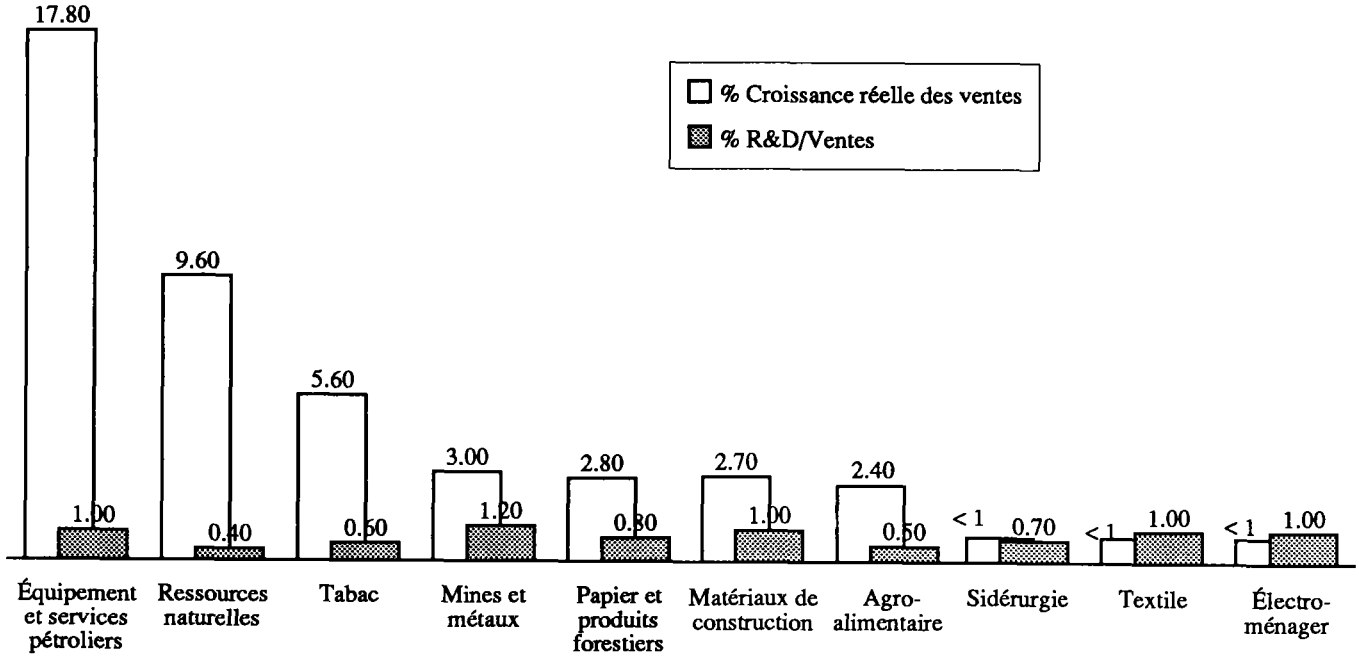


Figure 10. Croissance des secteurs industriels à faible intensité de R&D (1973-1977)

Source: Conservatoire national des arts et métiers (CNAM-France)

Pour les États-Unis, durant les années 1973-1977, des chiffres similaires, éclatés cette fois par secteurs industriels apparaissent à titre illustratif sur les figures 9 et 10 afin de bien montrer les différences parfois considérables qui existent entre les dépenses de recherche de ces divers secteurs par rapport à leurs chiffres de vente.

Deux constats s'imposent à la lecture des figures 9 et 10 :

a) Une moyenne ne veut jamais dire grand'chose. Entre la moyenne nationale des États-Unis (2,5% du PNB pour la DNRD) et la grande diversité des efforts sectoriels de recherche (entre 0,4% et 5,4% des ventes, ce qui constitue donc une appréciation par défaut de la DNRD sectorielle), il n'y a en commun que le mode de calcul. Ce qui importe, lorsque l'on désire déterminer son budget de recherche est de savoir comment on va effectuer ce calcul et dans quelle orientation. Pour un pays en développement notamment, les chiffres précédents ne constituent pas forcément un bon objectif ou une base pertinente de comparaison, car ses objectifs socio-économiques ne sont pas les mêmes que ceux d'un pays très développé. Par contre, l'approche statistique qui conduit à des grandeurs similaires de DNRD en pourcentage du PNB est indispensable.

b) A court terme, ça n'est pas parce qu'on dépense beaucoup d'argent pour la R&D que les affaires prospèrent mais la proposition inverse est tout aussi erronée. D'autres critères (voir point 4 ci-dessus) que des considérations financières doivent en conséquence être utilisées pour mieux justifier l'accroissement ou la baisse d'un budget national de R&D.

La notion de « dépense nationale de R&D » n'est généralement pas suffisamment précise pour préparer un choix public. Il convient donc de la faire éclater entre la part financée par les pouvoirs publics et la part financée par les entreprises industrielles. En France, pour les années soixante-dix, les évolutions sont très distinctes et fournissent donc un bon exemple (voir figure 11).

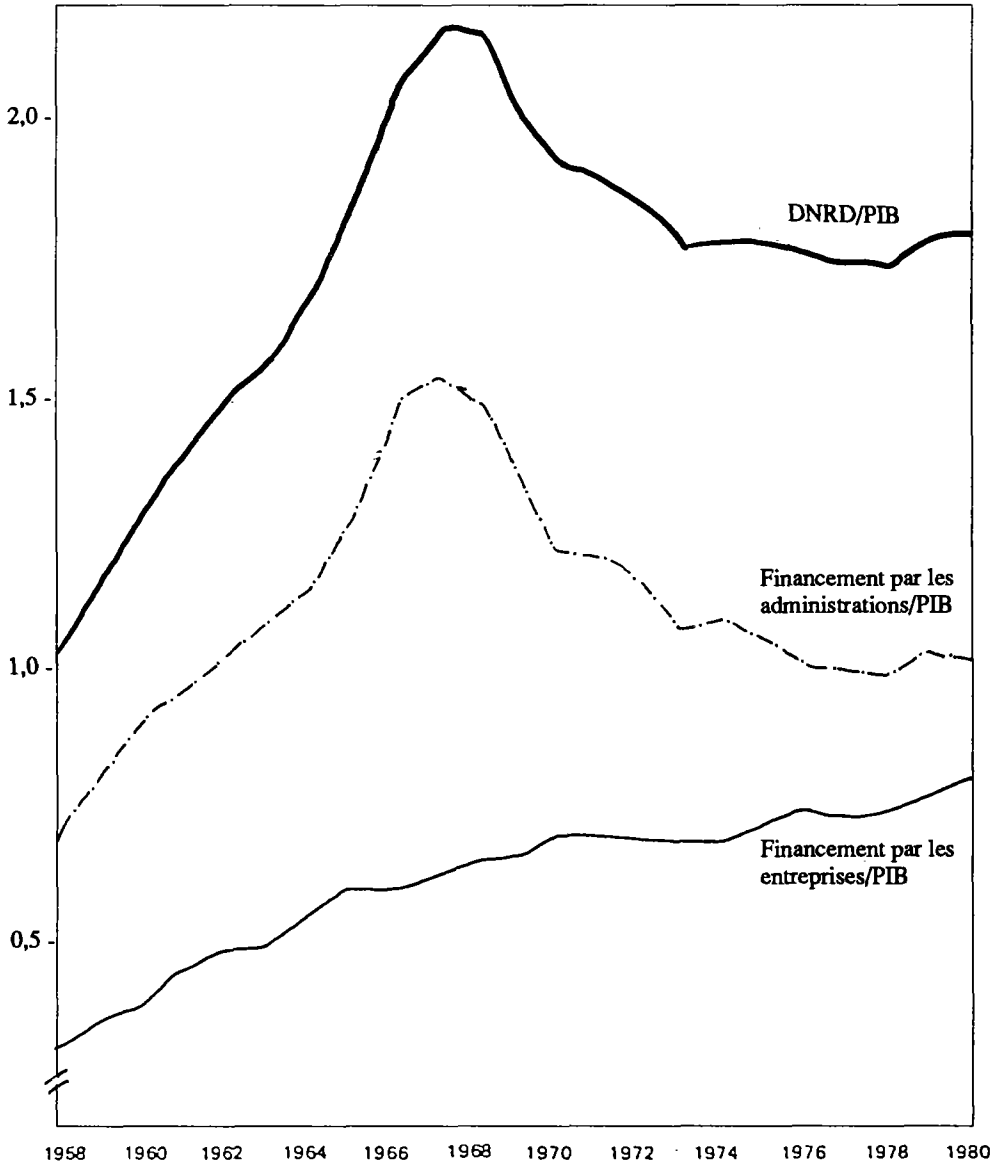


Figure 11. Évolution de la dépense nationale de recherche et développement et de ses composantes en proportion du produit intérieur brut Source: H. Curien et al. [1]

1 Curien, Albouy, Ténière-Buchot, *Redressement de la recherche et de la technologie. Plan intérimaire 1982-83.* La Documentation Française, Paris, 1981.

Tableau 9. Répartition de la dépense intérieure de R&D (DIRD) par destination de dépenses en 1977

	% Rech. Fondamentale	% Rech. appliquée	% Développement
États-Unis	13	23	64
Royaume-Uni (78)	16	21	63
Japon	17	25	58
France	21	35	45
Italie	20	44	35
Allemagne (R.F.d.')	25	75	

Source : OCDE.

Tableau 10

		Origine du financement			
		public civil	public militaire	industriel	
Destination du financement	Recherche de base (fondamentale et exploratoire)	17 à 18%	moins de 1%	moins de 1%	environ 19%
	Recherche appliquée et finalisée	10 à 11%	environ 5%	14%	30%
	Développements techniologiques	12%	14%	25%	51%
		environ 40% de la DNRD	environ 20% de la DNRD	environ 40% de la DNRD	100% de la DNRD

(DNRD = Dépense nationale de recherche-développement).

Source: H. Curien et al., op. cit.

De même, la notion de recherche recouvrant des réalités très diverses, il est intéressant de répartir l'enveloppe par grandes masses. Dans un premier temps, on peut se limiter à la répartition de l'enveloppe globale (voir tableau 9).

Dans un second, on peut tenir compte des diverses origines de financement et de responsabilités. Pour la France pour la période 1979-80, cela conduit au tableau 10.

Dans le cas d'une entreprise, relativement importante, la démarche est analogue. Les lignes du tableau précédent sont inchangées, les colonnes indiquent les origines du financement des laboratoires : fonds publics (divers ministères et organismes parapublics), fonds privés (ventes de recherche-développement à d'autres sociétés), fonds propres.

La stratégie de R&D de l'entreprise est grandement facilitée par l'établissement d'un tel tableau qui montre la vulnérabilité de l'entreprise, partiellement dépendante de l'extérieur, et ses besoins de financement résiduel, prélevés sur son cash-flow.

4.2.2 Comment établir un scénario d'évolution du budget national de R&D (enveloppe-recherche)?

En admettant que le programme à réaliser concerne une période de cinq ans, on doit d'abord s'appuyer sur les hypothèses d'évolution du PNB du pays (établi par le plan national ou correspondant à des études financières prévisionnelles du Ministère de l'économie). (Voir tableau 11).

Tableau 11

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Taux de croissance du PNB en volume (1) a) Hypothèse faible b) Hypothèse fort		% %	% %	% %	% %	% %
PNB en milliards U.M. (N) a) Hypothèse faible b) Hypothèse fort						

U.M.(N) : Unité monétaire de l'année N de référence

1 On peut, au choix, soit utiliser le concept de Produit national brut (PNB), soit celui de Produit intérieur brut (PIB): PNB = PIB + Financement national de travaux exécutés à l'étranger (imports) - financement par l'étranger de travaux exécutés sur le territoire national (exports).

Tableau 12

	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
DNRD x 100 / PIB	1					
% d'accroissement annuel	—					

Tableau 13

Milliards U.M (N)	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
D.N.P.D. (projections) a) Hypothèse faible b) Hypothèse fort Écart a) - b)						

Tableau 14

Milliards U.M. (N)	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
DNRD désirée • Financement industriel privé (estimation)						
• Financement public nécessaire (financement budgétaire)						

Tableau 15

Total financement budgétaire :	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Dont : • Financement civil : • financements interministériels ou d'autres ministères • financement du Ministère de la recherche • financements privés (commandes privées passées aux administrations) • financement universitaire • financements organismes parapublics • Financement militaire						

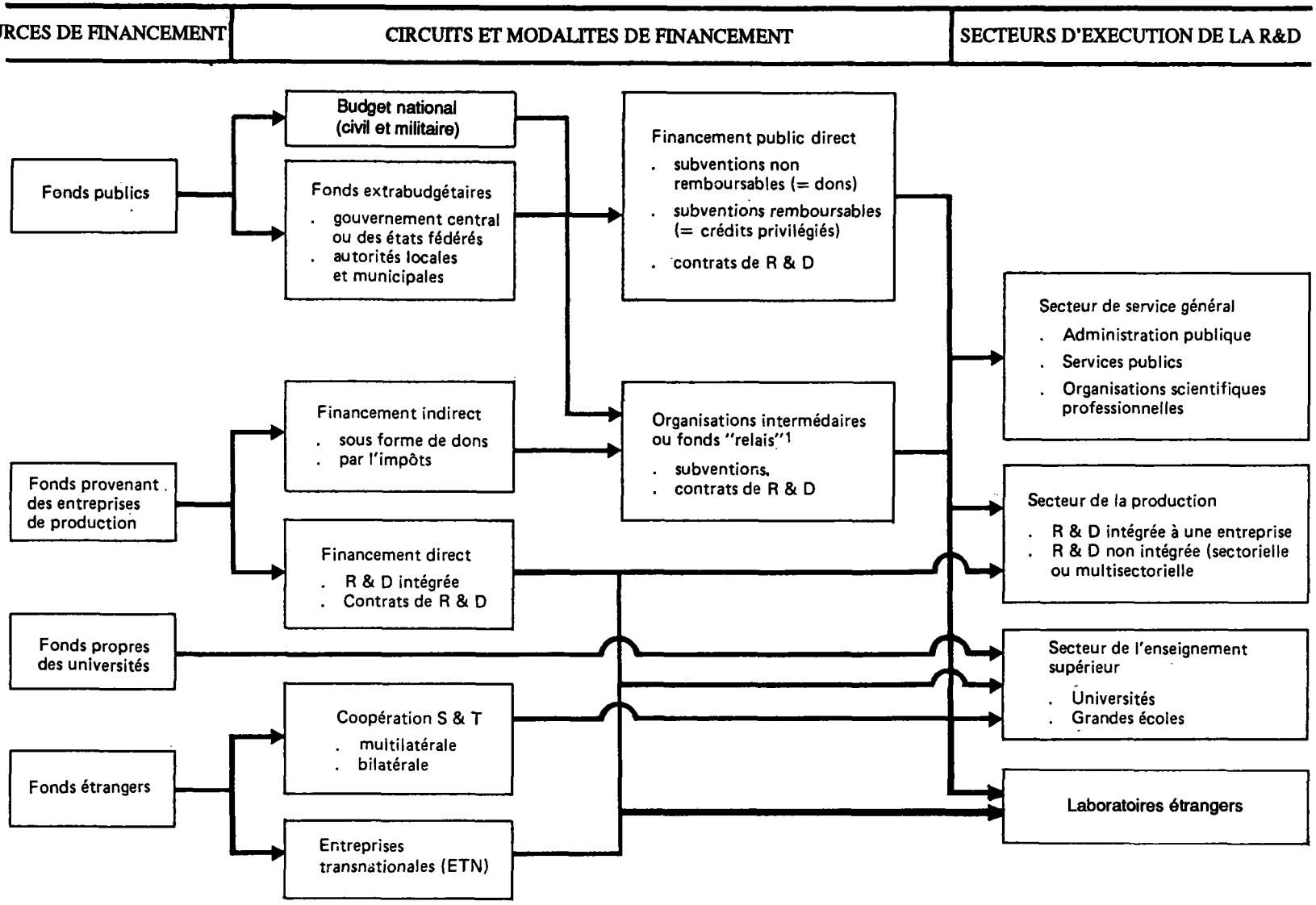
L'évolution désirée pour le ratio DNRD/PNB est ensuite affichée (voir tableau 12).
On obtient donc l'évolution de la DNRD en milliards U.M. (N) (voir tableau 13).

Pour chaque hypothèse, une répartition est effectuée entre le financement industriel (si ce dernier existe) et le financement résiduel public nécessaire pour atteindre la DNRD désirée. Le financement privé fait donc l'objet d'une ou plusieurs prévisions d'évolution, le financement public en est déduit (voir tableau 14).

Les crédits de paiement de cette dernière ligne sont ensuite ventilés entre les diverses sources de financement public (voir tableau 15).

Pour chaque ligne, des distinctions peuvent être effectuées dans des tableaux annexes entre (R) recherche fondamentale, recherche appliquée (identifiées dans certains cas), et (D) grands programmes de développement expérimental. A ces prévisions (qui résultent d'autant de négociations pour remplir chaque colonne), succède un tableau de répartition des emplois des fonds parmi les divers secteurs d'exécution :
administration et laboratoires publics;
universités et autres établissements d'enseignement supérieur;
entreprises et laboratoires industriels (privés, ou situés en dehors de l'administration publique centrale).

Le secteur de l'étranger peut également être pris en compte afin d'identifier les échanges. On aboutit ainsi au schéma ressources/emploi pour la DNRD représenté sur la figure 12.


SOURCES DE FINANCEMENT
CIRCUITS ET MODALITES DE FINANCEMENT
SECTEURS D'EXECUTION DE LA R&D
Fonds publics
Budget national (civil et militaire)
Fonds extrabudgétaires
. gouvernement central ou des états fédérés
. autorités locales et municipales
Financement public direct
. subventions non remboursables (= dons)
. subventions remboursables (= crédits privilégiés)
. contrats de R & D
Fonds provenant des entreprises de production
Financement indirect
. sous forme de dons
. par l'impôts
Financement direct
. R & D intégrée
. Contrats de R & D
Organisations intermédaires ou fonds "relais"1
. subventions,
. contrats de R & D
Fonds propres des universités
Fonds étrangers
Coopération S & T
. multilatérale
. bilatérale
Entreprises transnationales (ETN)
Secteur de service général
. Administration publique
. Services publics
. Organisations scientifiques professionnelles
Secteur de la production
. R & D intégrée à une entreprise
. R & D non intégrée (sectorielle ou multisectorielle
Secteur de l'enseignement supérieur
. Universités
. Grandes écoles
Laboratoires étrangers

1. Comprend suivant les pays : les grandes fondations privées, les conseils et fonds nationaux ou sectoriels de recherche, les fonds spéciaux des pays du CAEM

Figure 12. Structure de financement et d'éxecution de la R&D

Source: Unesco, SPSD n° 48.

Les montants obtenus ou décidés dans les secteurs d'exécution sont généralement ventilés dans des sous-comptes qui distinguent :

les dépenses de personnel (de recherche, d'assistance technique, d'administration);
les dépenses d'infrastructure et dépenses courantes liées;
les grands équipements de recherche-développement;
les crédits opérationnels de fonctionnement et de consommation (y inclus petits équipements à amortissement immédiat);
les crédits incitatifs, ayant normalement un caractère exceptionnel.

Chacune de ces rubriques fait l'objet d'un choix de progression durant la durée du programme, qui donne lieu à des négociations, le total des montants affectés pour chaque année étant fixé. Par exemple, un fort accroissement de personnel se fera au détriment des crédits d'équipement et de fonctionnement, ou le contraire.

4.2.3 Les diverses formes d'incitation des laboratoires de recherche

Les considérations financières qui précèdent ne sont normalement que l'instrument d'une volonté politique. Celle-ci peut prendre différentes formes d'organisation pour s'exprimer et inciter les laboratoires à adopter les orientations choisies [1].

a) Le premier moyen de programmation nationale de la R&D est celui qu'implicitement on a considéré jusqu'à présent : le Budget national de la R&D [2] dont la répartition dépend d'une autorité responsable, ministère ou organisme spécialisé.

L'inconvénient de cette procédure est l'inertie bureaucratique qu'elle peut vite présenter.

En fait, la distribution des crédits se fait peu à peu en fonction des institutions « clientes » du ministère ou de l'organisme. Il devient très difficile de refuser des crédits à ces institutions, même si les recherches sont peu convaincantes. A enveloppe constante ou en faible progression, il est donc pratiquement impossible d'introduire une nouvelle institution, dont les travaux paraissent prometteurs et dignes d'être encouragés. Tout se passe comme si l'autorité responsable était devenue prisonnière de ceux qu'elle est chargée d'aider.

Afin de se garantir d'éventuelles critiques adressées par le milieu scientifique, l'autorité responsable recourt souvent à un Conseil national de recherche extérieur composé de personnalités de haut rang scientifique. Ce Conseil peut éviter la dérive précédente s'il agit de manière dynamique; il peut également cautionner l'immobilisme en agissant en fonction d'intérêts personnels, chaque membre devenant le représentant de l'un des lobbies de sa discipline.

La programmation effectuée au moyen d'un budget de programmes de R&D (enveloppe-recherche) reste néanmoins très usuelle, car elle est simple, budgétairement facile à contrôler car centralisée, très défendue par ceux qui en bénéficient.

b) Pour pallier certaines des difficultés précédentes et rendre plus dynamique la programmation des activités, on peut également utiliser le moyen du budget de programme interministériel, géré par un secrétariat de faible ampleur qui en assure l'administration. L'avantage d'une telle organisation réside dans le fait que la diversité des sujets de recherche est mieux rendue à travers une décision programmatique de type collectif qu'à travers une répartition purement institutionnelle. Les conflits d'intérêt qui se déclarent au sein du Comité interministériel de la recherche scientifique & technologique sont dynamisants pour l'émergence de nouveaux sujets de recherche.

Mais le conformisme peut également guetter le fonctionnaire de tels Comités, chacun gardant le silence sur les affaires et projets des autres, afin que ces derniers n'empiètent pas sur son territoire et sa spécialité. Le rôle d'animation du secrétariat, numériquement et financièrement faible par rapport aux membres du Comité, reste parfois insuffisant et limité au seul fonctionnement.

c) Une troisième forme de financement de la R&D consiste à distribuer des aides incitatives en sus des crédits déjà réunis par ailleurs. C'est généralement un établissement spécialisé [3], mi-technique, mi-financier qui procède à de telles contributions. Le principe recherché est celui du gouvernail. Le bateau de la R&D avançant, une faible impulsion financière peut faire dévier sa route pour lui faire prendre un cap compatible avec les orientations décidées.

L'avantage d'une telle procédure tient à son économie : de faibles montants permettent théoriquement un contrôle directionnel souple. En fait, il n'en va pas toujours ainsi notamment lorsque l'importance des activités de R&D reste faible. De la même façon qu'il est vain d'agir sur la barre d'un bateau à l'arrêt, la distribution de crédits incitatifs à des recherches encore embryonnaires ou dont l'orientation reste controversée, donne l'illusion de diriger mais s'avère à terme sans grande efficacité.

Un autre inconvénient des crédits incitatifs est le saupoudrage qui souvent les caractérise. A vouloir tout diriger, l'organisme de coordination et de répartition financière se donne l'illusion d'exprimer sa volonté alors qu'il ne fait qu'acheter le prix d'une information qu'il n'aurait pas autrement.

d) Le tableau 16 résume les commentaires ci-dessus. Selon le portefeuille d'activités de R&D, l'État ou l'entreprise aura intérêt à utiliser une combinaison de ces divers types de financement qui permettent de mettre en pratique les décisions de programmation.

S'il existe une volonté très affirmée de démarrer une nouvelle activité de R&D venant s'ajouter à celles déjà aidées par les pouvoirs publics (ou par la Direction responsable de l'entreprise concernée), l'incitation directe par accroissement du budget national de R&D est la plus efficace et la plus rapide. Tous les grands programmes (spatial, télécommunication, énergie, etc.) sont initiés de cette façon. Cette procédure est par contre peu souple, l'orientation initiale étant ensuite difficile à modifier et encore plus à supprimer.

---

1 Sur les relations entre administrations centrales gestionnaires et laboratoires et administrations locales, voir supra Partie I, 4.2.

2 Parfois appelé « enveloppe recherche ».

3 Souvent appelé « Fonds national de la recherche scientifique » ou « Fondation nationale des sciences ».

Tableau 16

Type d'incitation	Mode opératoire le plus fréquent	Avantages	Inconvénients
Budget national de R&D sous un seul Ministère de la S&T (Enveloppe recherche unique)	• aide financière totale ou notable + Comité consultatif d'orientation scientifique	• simplicité • contrôle budgétaire aisé • apprécié par le milieu scientifique	• inertie des bénéficiaires • difficulté d'introduction de nouveaux problèmes • lobbying des membres du comité
Budget national de la R&D réparti entre plusieurs ministères	• secrétariat léger • comité de sélection des programmes/projets de R&D	• dynamisme • lien plus direct entre décideurs et bénéficiaires	• risque important de conflit ou de désintérêt de certains participants • restrictions budgétaires fréquentes • faiblesse du secrétariat de coordination
Crédits incitatifs	• établissement spécialisé (aides directes ou prêts) + réseau de conseillers S&T	• effet « gouvernail » très économique; moyen d'information grâce à une prise de participation faible; peu efficace pour recherches embryonnaires ou controversées	• risque de saupoudrage inefficace

Si l'activité de R&D à encourager vient se substituer au moins partiellement à une autre, la méthode du budget de R&D interministériel rend effective une telle décision. Elle permet en effet les confrontations d'intérêt d'où doit surgir un nouvel équilibre des efforts. Si un compromis est accepté, il a plus de chances d'être appliqué dans ce cas, chaque partie prenante étant maître de ses crédits.

Pour des thèmes de recherche traditionnels ou considérés comme moins importants, la prise de participation des pouvoirs publics peut être plus modeste et s'effectuer sous la forme de crédits incitatifs, qui expriment une marge d'intérêt mais aussi une réticence à partager un risque.

Bien entendu, les instruments incitatifs qui permettent la mise en œuvre de la programmation sont beaucoup plus nombreux et divers que les trois catégories d'aides financières qui viennent d'être évoquées. Le détachement de personnels de la R&D, la détaxation des dépenses de recherche des entreprises, l'octroi de bourses d'études et de recherche à des étudiants effectuant un doctorat, la coopération scientifique internationale, l'octroi ou le prêt de matériels scientifiques spécialisés, l'accès à des banques de données, des matériels informatiques, etc. sont quelques exemples des incitations les plus fréquentes. Au point de vue de la programmation toutefois, les aspects financiers restent une préoccupation constante. Ce sont donc les masses financières les plus importantes qu'il convient de mobiliser et seuls les instruments de financement, tels que ceux visés plus haut, sont à l'échelle d'une telle tâche.

4.2.4 L'évaluation a priori *des programmes et projets de R&D*

Pour conclure ces considérations sur les mesures d'accompagnement pratiques de la programmation des activités de R&D, il convient d'indiquer les précautions à prendre lors de l'élaboration d'un programme, afin d'en permettre le suivi et l'évaluation et de rechercher ainsi la meilleure performance pour les unités de R&D qui en sont chargées [1].

Le problème de l'évaluation de la R&D a été traité dans la partie II § 2 (phase 7) d'un point de vue général. Dans les lignes qui suivent il ne s'agira que de l'évaluation *a priori* (ou ex-ante) qui fait partie de la programmation proprement dite des activités de R&D. Vu sous cet angle particulier, le concept d'évaluation est l'équivalent français du mot « assessment » en américain (dans l'acception « technology assessment »), lui-même issu du français « assiette » ou « assise » (du latin populaire

---

Sur ce sujet, voir: Y. de Hemptinne « Evaluation of the Effectiveness and productivity of Research Units — The Unesco-sponsored ICSOPRU project » in Actes de la table ronde sur « L'évaluation des politiques scientifiques et technologiques » organisée par le Comité de recherche science et politique de l'Association internationale de science politique (AISP), Québec, 1990. — P.F. Ténière-Buchot. Évaluation de trois programmes de développement technologique. CPE n° 2, Ministère de la recherche et de la technologie, Paris, 1982. — P.F. Ténière-Buchot. Conséquences industrielles, économiques et sociales des programmes de développement technologique. CPE n° 15, Ministère de l'industrie et de la recherche, Paris, 1983.

assedere). On parle encore de l'assiette d'une rente ou d'un impôt. De même, l'assise désigne une base, une fondation mais son pluriel correspond à la notion d'un jugement prononcé par une assemblée d'hommes, c'est-à-dire un congrès (qui tient ses assises).

Dans le mot évaluation, on trouve essentiellement l'ancien français « value » (même mot en anglais) qui s'exprimerait maintenant par expertise, appréciation, estimation, ces termes — notamment les deux derniers — suggèrent le caractère à la fois subjectif et relatif de l'exercice.

La séquence à laquelle correspond une opération d'évaluation *a priori* comporte trois éléments qu'il est relativement facile d'isoler les uns des autres :

- l'objet scientifique et technique à évaluer;
- l'expert ou le groupe d'hommes chargés de l'évaluer;
- l'expression du jugement porté sur l'objet, c'est-à-dire le discours tenu à son égard par le groupe d'hommes désignés.

a) L'objet S&T à évaluer au cours de la programmation

L'objet à évaluer est global et résulte des entretiens de l'équipe d'évaluation avec les bénéficiaires du budget à accorder au programme de R&D en question.

L'évaluation *a priori* n'est toutefois pas une sorte d'audit. Il ne s'agit pas de juger la qualité des hommes chargés du programme de R&D qu'on veut évaluer, en vue de les remplacer s'ils sont perçus comme insuffisants, mais de mieux comprendre le système dont ils ne sont qu'un élément, système qui à partir d'une certaine taille les dépasse très certainement.

L'évaluation *a priori* n'est donc pas une intervention, c'est-à-dire le prétexte pris par un pouvoir d'agir sur un domaine sous le couvert d'une étude. C'est au contraire une méthode d'investigation qui a pour but de faire comprendre et réfléchir l'autorité responsable et l'aider à préparer ses décisions stratégiques.

Pour cela, l'objet à évaluer doit être clair, précis, délimitable : le but scientifique poursuivi, les prototypes fabriqués (ou les processus nouveaux offerts), les firmes et les hommes qui s'en occupent, les crédits correspondants, les marchés, tout cela doit pouvoir être décrit en quelques mots.

Sur le plan pratique, l'évaluation *a priori* portera notamment sur :

la régularité du programme de R&D (conformité aux termes de référence);

la possibilité de respecter les délais pré-établis pour l'exécution du programme de R&D;

la possibilité de mise en place à temps des crédits de paiement (observation des engagements financiers);

le caractère innovant et pertinent du projet (s'agit-il réellement d'une recherche (R) ou d'un développement expérimental (D); ou encore d'une innovation technologique, ou d'une simple amélioration?).

b) Le ou les évaluateurs des programmes de R&D à entreprendre

Les évaluateurs sont les traducteurs d'une réalité qu'ils perçoivent plus ou moins. Comme les jurés des assises, ce ne sont pas nécessairement des spécialistes du domaine qu'ils examinent. Mais ils ne sont pas non plus étrangers à ce domaine. En fait, les évaluateurs sont pertinents quand ils ont du « bon sens scientifique et technique », c'est-à-dire quand ils sont capables de poser des questions à leurs interlocuteurs, jusqu'au moment où la formulation des réponses leur devient compréhensible. En effet, s'ils n'étaient pas capables de poser ces questions (la plupart du temps, simples et naïves), ils pourraient imputer leur incompréhension partielle des réponses qui leur sont fournies à un manque de technicité, qui leur serait d'ailleurs impossible de combler. En poussant le dialogue jusqu'à la compréhension, ils peuvent au contraire s'assurer que les principes généraux de la logique sont observés par leurs interlocuteurs. C'est à tout le moins une présomption d'existence de l'objet évalué. L'exercice d'évaluation consiste donc à simplifier les problèmes et à exprimer sous une forme très primaire des réalités scientifiques et techniques apparemment très complexes. Cette opération de traduction est donc particulièrement utile pour un décideur, généralement non technicien. Elle ramène ses décisions sur le terrain connu des valeurs élémentaires (c'est bon pour le pays, ça ne sert à rien, ça procure de l'emploi, les autres n'arrivent pas à en faire autant, etc.). Si, au contraire, tous les efforts de l'évaluateur n'aboutissent pas à cette nécessaire simplification, et dans la mesure où il s'est assuré que cela ne provient pas de sa propre et relative incompétence, alors il y a lieu de s'interroger [1].

c) Le discours d'évaluation *a priori*

Il s'appuie sur les réponses données à des questions usuelles qui recoupent de nombreuses fois les critères de sélection arrêtés pour lancer le programme [2] :

Qualité S&T. Est-ce que ça va marcher? et cela correspond-il bien à ce qui est prévu? La notion de « qualité » c'est-à-dire de performance scientifique et technique est à préciser par l'équipe d'évaluation. Cette qualité est-elle mesurable? Est-ce l'expression d'une opinion? S'appuie-t-elle sur des expériences répétitives ou non?

Efficacité de la gestion du programme. Les délais et les prix ont-ils des chances d'être respectés? Quelle est l'importance des dérapages que l'on peut prévoir?

Contribution des résultats à d'autres programmes. Les retombées du programme sur les grandes préoccupations socio-économiques des secteurs qu'il concerne directement et indirectement sont dans la plupart des cas :

l'emploi (direct et indirect);

la balance extérieure des paiements (achat de composants étrangers, vente de matériels à l'étranger);

le facteur d'entraînement que le programme représente pour l'économie nationale (ou pour l'entreprise). Par exemple la construction d'une centrale nucléaire fait marcher le secteur « Bâtiments et travaux publics » (et se traduit plus

1 Sur l'existence des programmes de recherches, voir I. Lakatos. « Falsification and the methodology of scientific research programmes » in *Criticism and the Growth of Knowledge*, ed. by I. Lakatos and A. Musgrave. Proceedings of the International Colloquium on the Philosophy of Science, London, 1965. Cambridge University Press, 1970.

2 Cf. l'approche de la Commission pour l'évaluation de la R & D. Contzen, Boggio, Gallimore *et al.* Communautés Européennes (CCE DG XII), Conférence de 25-26 janv. 1982. Bruxelles.

généralement par un accroissement de la formation brute de capital fixe). Le transfert du savoir technique d'un secteur à un autre est également un exemple d'entraînement.

d) Pratique de l'évaluation *a priori*

L'évaluateur doit s'ingénier à faire réagir son interlocuteur par association et non pas par question-réponse. Les meilleures réponses sont celles qui sont données à des questions qui n'ont pas été posées.

Le choix des interlocuteurs à interroger est également une condition pratique à laquelle il faut veiller avec attention. Il est indispensable que le responsable du programme de R&D à évaluer soit prévenu de cette opération par la voie la plus officielle et au plus haut niveau hiérarchique possible. Il ne faut pas hésiter à perdre du temps au départ pour que cette condition de mise en œuvre initiale soit observée.

Il ne peut y avoir d'évaluation *a priori* sans référence aux objectifs assignés aux programmes de recherche scientifique (R) et de développement expérimental (D). L'adéquation des résultats escomptés à ces objectifs se base sur :

le recueil d'informations prospectives et de prévisions technologiques;

les avis d'experts;

la compréhension de la structure (technique, politique) de mise en œuvre des programmes;

des jugements effectués d'après une batterie de critères. Par exemple, pour un programme de recherche appliquée :

	Pondération indicative (total 100)
• pertinence de la recherche vis-à vis d'objectifs aval de développement (adaptation à la demande des utilisateurs)	20
• possibilité de valorisation d'une recherche amont ayant abouti (prise en compte de l'état des connaissances)	15
• risque et importance économique de l'enjeu de la recherche compte tenu du marché (actualisation, rentabilité interne, etc.)	20
• possibilité financière globale d'entreprendre la recherche (y inclus le coût du développement ultérieur)	15
• opportunité de la recherche (intégration au sein d'un plan ou d'un programme préalablement établi)	10
• fécondité de la recherche (non isolement) pour des secteurs différents de celui de la demande principale	6
• possibilité d'élargissement du marché d'utilisation du résultat de la recherche (exportation, transfert)	6
• possibilité administrative de subventionner la recherche (aspect de la régularité de l'opération)	3
• originalité et prestige escomptés de la recherche envisagée	3
• caractère conjoncturel de la recherche (mode)	2
	100

Dans ce type de démarche, des notes peuvent être données (entre 0 et 10 par exemple) selon chaque critère pour ensuite fournir une moyenne pondérée.

La figure 13 résume ces diverses considérations pratiques.

Les points importants à retenir pour les questions d'évaluation sont peu nombreux :

le préalable indispensable est de bien connaître les objectifs (les raisons) d'un programme de R&D avant d'effectuer une évaluation *a priori* de ses performances escomptées;

faire la différence entre les impacts (l'utilité pour d'autres programmes) et la qualité (performance intrinsèque) des programmes de recherche.

e) Le lien avec l'évaluation *a posteriori* et le contrôle comptable (phase 7 du cycle PPBE)

Les aspects de contrôle comptable et d'adéquation des résultats sont (doivent être) toujours liés à l'évaluation « a posteriori » de la R&D, mais non confondus avec elle.

5. Le processus de la programmation dans les pays en développement

Tout ce qui précède peut paraître complexe, trop divers et, finalement, spécifique aux seuls pays développés. En fait, il en va de l'organisation et des procédures de programmation des activités de R&D comme il en va des méthodes et techniques qui s'y appliquent, et qui font l'objet de la partie III.

C'est l'esprit de ces méthodes qu'il faut retenir, quitte à en inventer une soi-même, bien adaptée au cas à traiter. De même, le processus de la programmation, tel que décrit plus haut, doit faire l'objet de toutes les adaptations nécessaires. Seuls, les constituants essentiels du processus sont à garder. Le reste n'est qu'affaire de présentation logique.

Dans un pays en développement, désireux d'effectuer un exercice de programmation des travaux de R&D, il est nécessaire d'effectuer les vérifications suivantes :

a) Il existe un potentiel scientifique et technologique dans le pays, suffisamment important en nombre et varié pour justifier un exercice de programmation. Mieux vaut investir dans les recherches supplémentaires, choisies avec le discernement du bons sens, que dépenser l'argent public à administrer des recherches en faible nombre.

b) Des crédits suffisants (enveloppe recherche) sont disponibles pour donner un sens à l'exercice de programmation de la R&D, par une mise en œuvre à l'échelle convenable. Si les pouvoirs publics n'ont aucun moyen financier, ou de très faibles montants, la programmation de la R&D doit être simplifiée à l'extrême.

c) Des compétences d'expertises sont disponibles dans le pays ou à l'extérieur, pour effectuer le suivi et l'évaluation *a priori* des programmes de R&D qui ont été décidés. Programmer sans contrôle ni évaluation *a posteriori* revient à ne pas programmer. Dans ce cas, mieux vaut d'ailleurs ne pas programmer, cela permet de gagner du temps.

d) Les projets formant les programmes principaux de R&D doivent être dirigés par des responsables (chefs de projet). Le manque de responsables entraîne, à plus ou moins brève échéance, la mort des projets.

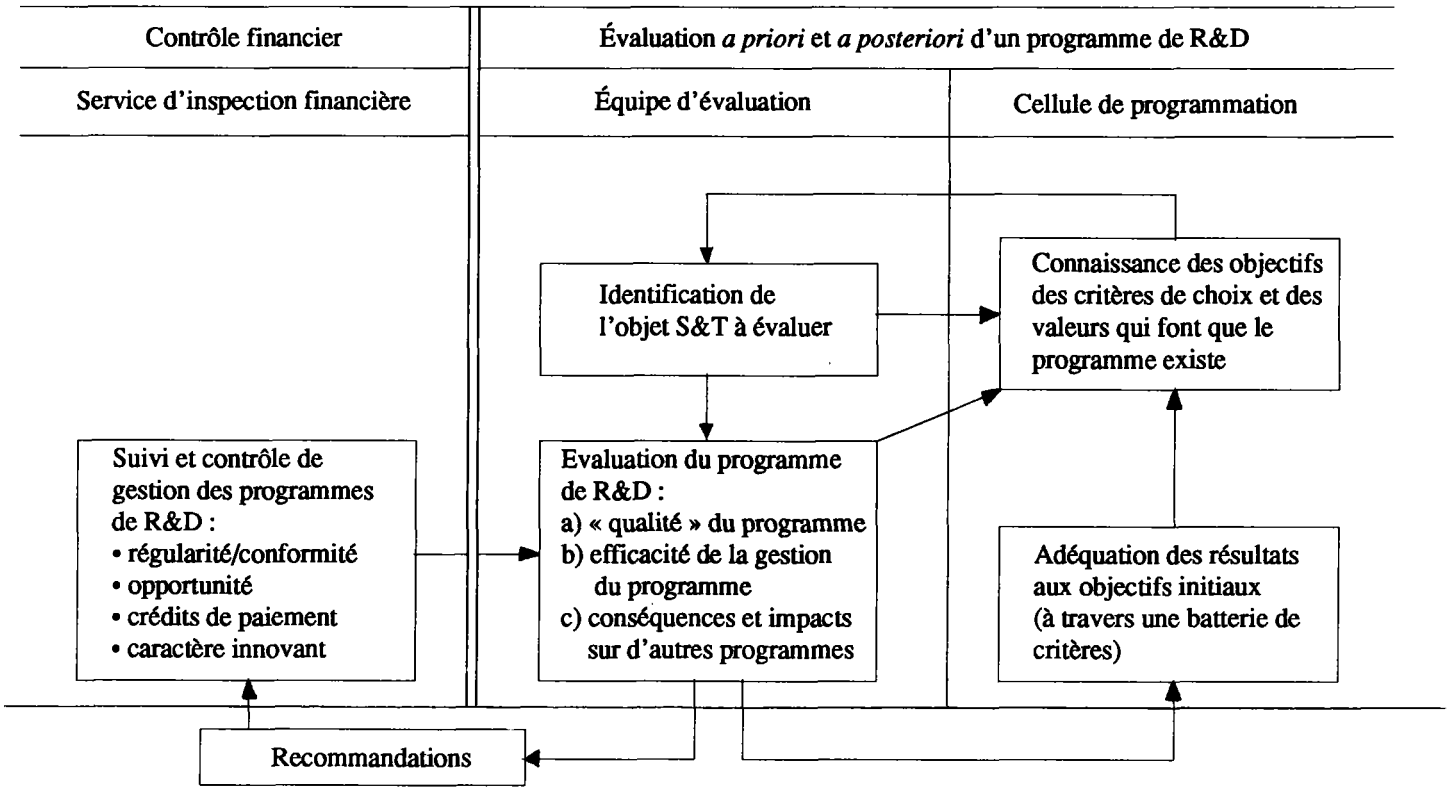

Contrôle financier
Évaluation *a priori* et *a posteriori* d'un programme de R&D
Service d'inspection financière
Équipe d'évaluation
Cellule de programmation
Identification de l'objet S&T à évaluer
Connaissance des objectifs des critères de choix et des valeurs qui font que le programme existe
Suivi et contrôle de gestion des programmes de R&D :
• régularité/conformité
• opportunité
• crédits de paiement
• caractère innovant
Evaluation du programme de R&D :
a) « qualité » du programme
b) efficacité de la gestion du programme
c) conséquences et impacts sur d'autres programmes
Adéquation des résultats aux objectifs initiaux (à travers une batterie de critères)
Recommandations

Figure 13

Partie III

Outils méthodologiques de programmation

Les outils méthodologiques de programmation applicables à la recherche scientifique et technologique sont nombreux, de complexité variée, d'usage plus ou moins fréquent. Ils font l'objet des fiches qui suivent et qui constituent l'essentiel de cette troisième partie.

1. Les fiches techniques des méthodes

D'une manière générale ces fiches sont articulées de la façon suivante :

Une description sommaire du principe de la méthode rappelant les principales notions utilisées;

Le domaine d'application est ensuite brièvement indiqué et reprend les éléments commentés dans la partie II de cet ouvrage;

Les conditions d'application donnent une idée du degré de complexité de la méthode et des difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre;

Les avantages et inconvénients sont enfin résumés, aucune méthode ne pouvant prétendre atteindre l'idéal en matière de programmation de la R&D.

Une bibliographie complète chaque fiche afin de permettre au lecteur un approfondissement s'il le désire. Chaque méthode a donc sa bibliographie particulière. Cet ensemble documentaire est ensuite repris globalement sous la forme d'un index alphabétique, en fin de troisième partie.

1.1 Le regroupement des fiches

Les divers outils méthodologiques décrits ci-dessous répondent principalement à trois préoccupations présentées dans le domaine de la programmation de la R&D et dont l'imbrication a été évoquée dans la partie II :

a) La nécessité de sélectionner les programmes et projets de R&D et les moyens qu'il convient de leur allouer, ainsi que l'échelonnement de ces moyens dans le temps (plusieurs années);

b) Le besoin d'anticiper la possibilité de « percées » scientifiques ou technologiques (probabilité de succès de la R&D);

c) Et, en synthèse des deux préoccupations précédentes: l'évaluation de la situation, souvent dénommée analyse de système.

Par ailleurs les techniques de programmation de la recherche scientifique et technologique sont apparues historiquement dans un certain ordre, depuis la fin de la deuxième guerre mondiale pour la plupart. C'est cet ordre chronologique, qui correspond également le plus souvent à un ordre de complexité croissante, qui a été retenu pour chacun des paragraphes a), b) et c) ci-dessous.

Bien entendu, cette classification retient l'essentiel de chaque méthode mais constitue une présentation quelque peu arbitraire et simpliste, certaines méthodes ayant des relations de correspondance, de complexité ou de ressemblance entre elles. Un schéma permet de les apprécier.

Afin de fixer les idées, les fiches qui ont été rédigées ont été regroupées de la façon suivante :

a) La sélection des programmes/projets de R&D

Fiche a 1 : *les listes de contrôle* (Tecdev, Kieffer, Becker, EIRMA). Très simple, d'usage universel, elles sont indispensables pour utiliser toutes les autres méthodes. Elles constituent un point de passage obligatoire.

Fiche a 2 : *Les ratios et indices de performance.* C'est une vision comptable et financière de la programmation de la recherche scientifique et technologique. Simplistes, elles ne traduisent pas la complexité des choix. Mais elles obligent la tenue de comptes (combien cela coûte, combien cela rapporte?) ce qui constitue sans nul doute le premier pas de la sagesse en matière de programmation de la R&D. Bien des techniques plus complexes, évoquées ci-après, échouent par manque de données ou d'évaluation chiffrées. Mieux vaut un ratio simple, qu'un modèle complexe qui s'évanouit dès qu'il quitte le domaine des considérations théoriques. La mise au point d'un ratio constitue un bon test pour savoir si l'on peut recourir à des méthodes plus difficiles.

Fiche a 3 : *Les méthodes issues de l'actualisation.* (Valeur actualisée nette, taux interne de rentabilité, méthodes Daudé, Disman, Hart, Hess, Return on Investment, prix de référence, Little et Mirless, ONUDI, Squire et Van der Tak, méthode des effets).

Très célèbres, maintes fois utilisées dans le calcul économique, popularisées par la Banque mondiale, les techniques d'actualisation et d'analyse coût-avantage sont intéressantes comme instrument de référence permettant de comparer les recherches scientifiques et technologiques nouvelles aux activités de transferts technologiques éprouvées par la pratique.

Elles sont par contre extrêmement dangereuses dans une procédure de sélection privilégiant toujours celles-ci (les activités de transfert de technologie sans risque) aux dépens de celles-là (les activités nouvelles de R&D).

Pour un responsable de la programmation de la recherche scientifique et technologique, l'actualisation doit être considérée comme une sorte de vaccin protégeant les recherches d'une maladie qui les atteint souvent : l'insuffisance de rentabilité financière. On a donc toujours intérêt à effectuer préventivement un calcul d'actualisation, afin de s'en abstraire (la décision d'entreprendre portant sur d'autres considérations), plutôt que de la subir sous la forme d'une critique financière extérieure.

Fiche a 4 : *Les méthodes matricielles et méthodes multicritères simples* (matrices d'analyse, matrices de décision) présentent l'avantage d'introduire des points de vue très divers, dépassant la seule préoccupation financière. D'usage très simple, ces méthodes sont un excellent exercice de préparation des décisions permettant des calculs de sensibilité autour de choix simulés. L'usage de la pondération dans des méthodes comme Profile ou Mottley-Newton exprime d'une manière simpliste mais réelle la présence de la volonté politique dans le choix.

Fiche a 5 : *La méthode de déclassement comparé* est beaucoup plus complexe que les méthodes multicritères précédentes puisqu'elle remplace la pondération simple et directe des critères par une axiomatique qui permet de ranger en « classes » les programmes et projets de R&D à juger par ces critères. Ces classes remplacent donc le système usuel de notation, ce qui rend beaucoup moins compréhensible la procédure de sélection.

Fiche a 6 : *L'utilité multiattributs* est une autre forme de complexification qui constitue le développement actuel majeur des méthodes multicritères. Consistant à rechercher des préordres dans une population de programmes ou projets de R&D à sélectionner, l'utilité multiattributs peut permettre dans certaines conditions de retrouver par le calcul la pondération implicite qui aurait pu conduire, à travers une méthode multicritère simple (calculs de moyennes pondérées) à une décision donnée. On a donc ici la possibilité (théorique) de reconstruire une décision à laquelle on n'a pas directement participé et de comprendre les éléments politiques (les préférences) qui ont pu y conduire.

Fiche a 7 : *Les méthodes de surclassement* (méthodes Electre) sont une forme simplifiée des techniques recourant à la théorie de l'utilité. Elles présentent une innovation majeure dans la pratique qui est d'introduire la réaction de la population des candidats au choix du décideur. Jusqu'à présent en effet le décideur ne se réfère qu'à son propre système de valeurs, exprimé soit par une pondération s'appliquant à un choix de critères, soit par une axiomatique qui remplace la pondération. Avec Electre, le décideur anticipe la réaction de sélection en essayant de limiter le risque de mécontentement que son jugement peut susciter.

Il y a donc dans les faits équilibrage entre le pouvoir de décision et l'autorité sur laquelle s'asseoit ce pouvoir, autorité menacée chaque fois que ce pouvoir s'exerce. Les résultats obtenus par ce type de méthodes sont très différents de ceux auxquels conduisent des méthodes de pondération simples (comme Mottley-Newton), en utilisant les mêmes critères, les mêmes pondérations et des notations analogues. Allant au-delà de l'expression des volontés, les méthodes de surclassement permettent de saisir les limites de cette expression dans la pratique. Elles présentent donc un intérêt indéniable pour le programmateur qui doit ménager un très grand nombre d'intérêts divergents, tout en s'efforçant de suivre une ligne politique qu'il s'est choisi ou qui lui a été indiquée.

Fiche a 8 : *Les arbres de pertinence* (Pattern et CPE). Assez difficile d'emploi dans la pratique, à tout le moins délicate, la technique des arbres de pertinence présente deux caractéristiques originales par rapport aux techniques précédentes :

Le recours à la visualisation de la modélisation par la construction d'un graphe d'appui distinguant divers niveaux hiérarchiques de décision (et non un seul niveau comme c'était le cas jusqu'à présent);

La mise en relation de proche en proche de ces différents niveaux par une sélection des éléments d'un niveau donné par les critères du niveau immédiatement supérieur (ce sont les valeurs des chefs qui jugent les propositions des subalternes. C'est ce qu'on appelle la pertinence).

Sans parler d'aboutissement, pour les diverses méthodes de programmation orientées vers la sélection, les arbres de pertinence constituent une forme assez sophistiquée de préparation des choix. Ils traduisent une connaissance à peu près parfaite de la prise de décision en matière d'activités de recherche-développement. Il paraît donc ambitieux de vouloir entreprendre un arbre de pertinence avant d'avoir essayé d'autres méthodes.

Fiche a 9 : *Extrapolation de la tendance et courbes enveloppes.* L'extrapolation de la tendance est la plus connue et la plus simple des techniques de prévision. Même si l'on ne s'en sert pas directement, il est nécessaire de l'utiliser comme référence de comparaison. Les courbes enveloppes sont plus rarement employées à l'occasion de considérations sur des évolutions fonctionnelles d'ensemble.

Fiche a 10 : *Courbes en S et modèles analogiques.* Ces méthodes viennent compléter les précédentes en introduisant la notion de saturation et de changement de croissance (inflexion dans l'évolution). Très en vogue durant les années soixante, les courbes en S constituent un support valable et un garde-fou pour la réflexion.

b) Les méthodes d'appui de la programmation de la R&D — Anticipation des percées scientifiques et technologiques

Fiche b 1 : *Les scénarios.* Les méthodes de scénarios sont l'élément essentiel de la prévision et de la prospective à l'heure actuelle. Plus ou moins littéraires, elles sont d'un abord apparemment aisé mais d'un emploi réel beaucoup plus difficile. Elles nécessitent une pratique assidue et variée pour atteindre un degré convenable de qualité. Les scénarios doivent s'appuyer sur d'autres méthodes de programmation, de prévision, d'évaluation, sur une recherche documentaire importante, sur des enquêtes et des analyses nombreuses, sur un effort d'imagination et d'originalité. Sans cela, la naïveté et la niaiserie les guettent.

Fiche b 2 : *La méthode Delphi.* Technique très populaire d'exploration du futur, la méthode Delphi ne jouit plus présentement d'une bonne réputation, de nombreuses enquêtes Delphi ayant donné lieu à des manipulations, c'est-à-dire ayant été conduites sans révéler aux personnes interrogées les véritables motifs de cette démarche. Les conditions de mise en œuvre de la méthode, la rigueur des dépouillements des réponses et de leur présentation, l'éthique générale qui sous-tend ces travaux devront faire l'objet de l'attention la plus vive des opérateurs. La méthode Delphi n'est pas compliquée mais sa mise en œuvre pratique s'apparente à l'organisation d'une élection ou d'un vote.

Fiche b 3: *Les matrices d'interdépendance* (matrices d'impacts croisés). Elles constituent une amélioration très sophistiquée de la méthode précédente. Très intéressantes pour leurs aspects théoriques les matrices d'impacts croisés nécessitent des interlocuteurs compétents et/ou un dispositif de traitement informatique relativement évolué.

Fiche b 4 : *L'analyse morphologique.* C'est une technique carrefour entre les méthodes de sélection (elle constitue une généralisation des arbres de pertinence et procède de la théorie des graphes), la prévision technologique et les techniques de créativité qu'elle complète à merveille. Très simple dans son principe, c'est certainement l'une des méthodes de programmation les plus complexes à utiliser en pratique car elle exige un grand discernement de la part des opérateurs.

c) L'évaluation de la situation, l'analyse de système

Les méthodes d'analyse de système sont d'un emploi beaucoup plus récent que les techniques de programmation précédentes. Tout en s'en inspirant, elles en diffèrent pour deux raisons principales : elles obéissent à une approche beaucoup plus globaliste et moins analytique. Alors que les méthodes de sélection et d'anticipation ne retiennent que quelques paramètres jugés comme les plus importants, l'analyse de système s'efforce de retenir l'ensemble des paramètres qu'il est possible d'observer et qui constituent la situation, sans souci à priori de leur importance relative. La méthode se chargera de regrouper les plus importants au cours de sa mise en œuvre. Le rôle initial de l'expérimentateur est donc limité au départ, sa responsabilité ne se situant plus dans le fait de privilégier telle variable plutôt que telle autre, mais dans le fait de ne pas omettre un aspect qu'on peut observer ou auquel on peut songer lorsqu'on observe et étudie le problème à traiter.

La distinction commune à toutes les techniques de choix et de prévision, évoquées ci-dessus, à savoir différencier les variables objectives qui sont l'enjeu de la sélection ou de l'anticipation, des critères chargés de les juger ou d'apprécier leur évolution, n'est désormais plus utile. Toutes les variables sont considérées comme étant à la fois désignantes (c'est-à-dire critères) et désignées (c'est à dire objets). Cette confusion volontaire diminue les erreurs de classement dans l'un des deux groupes, ce classement étant une difficulté constante dans toutes les méthodes vues jusqu'à présent. Une « bonne bouteille de vin » désigne-t-elle en effet le breuvage, objet de l'étude en cours (c'est un cru réputé, il est vieux, etc.) ou la qualité du récipient qui le contient (il a la bonne contenance, il permet une longue conservation, il est robuste, etc.)? Pour un exemple aussi simple, le contexte permet aisément de lever l'ambiguité. Pour le cas, fréquemment rencontré, de variables socio-économiques où les mots recouvrent autre chose que des notions physiquement séparables, il n'en va pas de même. Les techniques d'analyse de système tirent donc notamment leur succès de pouvoir s'abstraire de ce classement initial entre valeurs objectives et jugements subjectifs, faisant disparaître cette différence grâce à des notions de correspondance et de proximité. Le vin et sa bouteille seront donc des notions proches, l'un s'exprimant par l'autre et réciproquement.

Le rôle du programmateur sera toutefois plus marqué dans les méthodes d'analyse et d'évaluation de situation que dans les autres méthodes de programmation. Dans ces dernières, l'expérimentateur est en effet à peu près neutre : avec les mêmes variables, un intervenant différent est conduit à obtenir les mêmes résultats avec la même technique de programmation. Dans les méthodes d'analyse de système, le programmateur se compte généralement parmi les variables qu'il retient pour décrire la situation. Il est donc un paramètre parmi d'autres et exprime ainsi officiellement la part et l'intérêt qu'il prend dans le problème à traiter. Les résultats dépendront donc pour partie de la présence du programmateur. Des résultats différents pourraient être obtenus si l'on changeait le programmateur, qui n'est plus désormais transparente et neutre. Cette particularité n'est pas très gênante dans la pratique où de telles polarités sont toujours présentes. Il n'empêche qu'elle ne permet pas de considérer les méthodes d'évaluation comme constituant une approche totalement scientifique, indépendantes des conditions humaines de mise en œuvre.

Deux familles d'analyse de système sont à distinguer.

La première, qui fait l'objet des fiches c 1 à c 3 regroupe des applications mathématiques relativement complexes qui se complètent les unes les autres, à savoir :

(c1) l'analyse des données, et plus particulièrement l'analyse factorielle permet de rechercher les correspondances (similarités et dissemblances) entre variables formant un même système;

(c2) l'analyse structurelle s'intéresse aux liaisons entre variables qui constituent l'architecture générale du système;

(c3) la dynamique des systèmes fait intervenir le rôle du temps dans ces liaisons, notamment à travers les retards de transmission d'information entre variables.

La seconde famille (évoquée dans la fiche c 4) est moins ardue sur le plan mathématique. Elle correspond à l'ensemble des techniques de gestion conduisant à l'élaboration de stratégies industrielles (gestion de portefeuille de programmes et objets, définition d'axes de développement, politiques de diversification, réactions vis à vis de la concurrence etc.).

Fiche c 1: *L'analyse factorielle des correspondances.* Elle constitue à coup sûr une révolution méthodologique au sein des techniques usuelles de statistiques descriptives. Dégageant les facteurs les plus explicatifs d'un ensemble d'informations apparemment disparates, l'analyse factorielle trouve sa limite dans la dénomination de ces facteurs dont l'interprétation est nécessairement liée à la sensibilité, voire à l'inconscient, du programmateur. Des présentations quelque peu partiales peuvent en résulter. Cette réserve étant faite et si des précautions

sont prises pour la lever (par la mise en place d'un comité chargé de contrôler l'interprétation, par exemple), l'analyse factorielle s'avère d'une richesse exceptionnelle puisqu'elle permet à la fois de simplifier les problèmes à traiter en ne retenant que leurs aspects essentiels, tout en soulignant des particularités isolées, qui n'apparaissaient pas en première analyse de la situation observée.

Largement utilisées depuis les années 70, les diverses techniques d'analyse factorielle sont désormais relativement disponibles sous la forme de programmes informatiques dont l'accès ne nécessite plus de connaissances trop poussées. L'investissement à consentir en pratique pour les utiliser devient donc abordable.

Fiche c 2 : *L'analyse structurelle.* Remarquable outil d'aide à la décision, l'analyse structurelle ne nécessite pas de connaissances théoriques approfondies (encore que celles-ci puissent occasionner des développements intéressants). Son principe simple (étude systématique de toutes les relations entre variables prises deux à deux) nécessite cependant une mise en œuvre délicate, tant pour le choix des variables que pour l'observation de leurs comportements respectifs. Cette pratique peut se comparer à l'art de la photographie. Le choix du sujet et l'acuité de l'observation sont plus déterminants pour la qualité de la photographie que la technique employée. Une analyse structurelle efficace se fera donc la plupart du temps à l'insu du système observé, ce qui ne facilite évidemment pas le travail à accomplir et peut dangeureusement limiter son caractère objectif. Parmi les techniques de programmation qui sont ici recensées, l'analyse structurelle est à coup sûr la méthode la plus politique, c'est-à-dire celle qui met le mieux en relief les enjeux, conflits, rapports de force, ainsi que les paramètres les plus sensibles qui permettent de les faire évoluer. Les équipes chargées de mettre en œuvre des analyses structurelles doivent être compétentes dans ce genre de domaine, tout faux pas entraînant des réactions vigoureuses du système étudié.

Fiche c 3 : *La dynamique de système.* C'est une méthode de cybernétique appliquée à l'économie et à la gestion. Encore peu utilisée en dehors de certains secteurs (constructions navales, grands chantiers et engineering, pétrochimie), elle donne lieu à des expérimentations dans trois domaines :

La simulation de systèmes très complexes, en vue de mesurer leur degré de stabilité ou d'instabilité dans le temps, cet exercice s'accompagnant alors d'une traduction littéraire sous la forme de scénarios (cf. fiche b1).

La mesure des conséquences des perturbations apportées à un système programmé (par exemple modifications apportées à l'ordonnancement d'un grand chantier, impact de la suppression de crédits budgétaires dans un ensemble de recherches programmées, changement partiel des objectifs d'un programme en cours de réalisation, etc.). C'est sans doute dans ce domaine que la dynamique de systèmes connaît le plus grand essor.

L'anticipation des conséquences d'évènements extérieurs fortuits dont la nature est connue mais dont l'apparition ne peut être prévue précisément (les mécanismes boursiers en sont un exemple). La méthode permet alors de limiter les risques en optimisant des stratégies de couverture portant sur l'investissement dans de nouveaux programmes et projets de R&D, ou le désinvestissment portant sur des recherches en cours.

La représentation graphique à laquelle cette technique aboutit, permet au décideur de bien comprendre les fluctuations transitoires que le système va observer à la suite d'une perturbation provoquée ou subie. C'est donc un instrument de contrôle et de régulation très précieux pour la gestion.

Fiche c4 : *Les méthodes d'analyse stratégique.* On y recourt beaucoup dans les grandes entreprises de production, qui fondent sur elles leur développement scientifique, technologique et commercial.

De nature très simple, elles rappellent les techniques multicritères et matricielles de sélection (cf. fiche a 4), mais les dépassent par une prise en compte beaucoup plus « globale et détaillée » («comprehensive » en anglais) du contexte dans lequel les orientations stratégiques vont se prendre.

Bonnes méthodes pour rassembler des informations éparses et pour présenter à des décideurs des options alternatives, elles représentent le niveau moyen des outils de préparation de la programmation de la R&D.

1.2 La présentation synthétique des outils de programmation

Le tableau 17 permet de résumer les fiches qui précèdent ainsi que les relations pouvant exister entre certaines méthodes. L'axe vertical du tableau indique l'ordre chronologique d'apparition des techniques.

Quelques remarques sur ce tableau :

Les limites entre décennies sont floues. Le positionnement des méthodes correspond environ à leur date d'apparition, d'utilisation fréquente. Certaines d'entre elles ont continué à être utilisées depuis. C'est le cas de Delphi ou des scénarios par exemple.

La fusion des deux courants, la sélection des programmes ou projets et l'anticipation, s'est effectuée durant les années soixante-dix pour former un troisième courant, l'analyse de système.

Les tendances immédiates, au cours de la décennie quatre-vingt, ont donné naissance à deux courants principaux (sans pour autant rendre obsolètes les outils de programmation plus anciens) :

L'un correspond aux méthodes de sélection, tournées désormais vers la concurrence, pour en deviner les valeurs et choix implicites, qui ont conduit aux décisions qu'elle affiche.

L'autre est l'absorption du courant d'anticipation par le courant d'évaluation de la situation, la compréhension fine de cette dernière fixant le plus souvent les possibilités concrètes de la faire évoluer dans le futur. L'objectif est ici d'intégrer les réactions suscitées par les révélations effectuées sur l'avenir, afin d'en contrôler le mieux possible l'apparition. La technique des scénarios reste le moyen privilégié de communication avec l'extérieur.

Les diverses flèches du tableau indiquent de manière sommaire les influences principales, directes ou réciproques, observées entre les méthodes. Les flèches pointillées correspondent à des tendances moins nettes, qui sont seulement concevables.

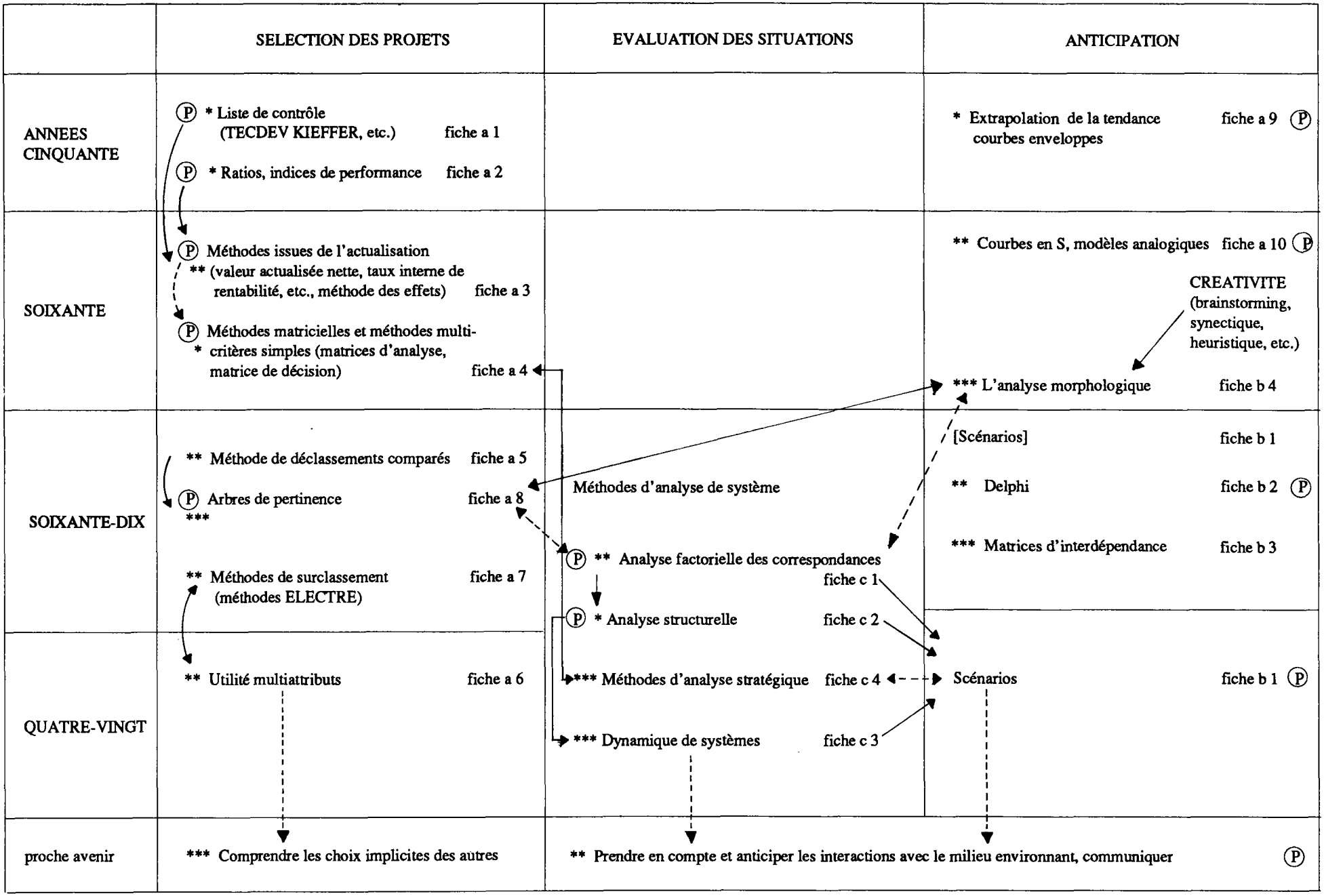

SELECTION DES PROJETS
EVALUATION DES SITUATIONS
ANTICIPATION
ANNEES CINQUANTE
(P) * Liste de contrôle (TECDEV KIEFFER, etc.) fiche a 1
(P) * Ratios, indices de performance fiche a 2
* Extrapolation de la tendance courbes enveloppes fiche a 9 (P)
SOIXANTE
(P) Méthodes issues de l'actualisation
** (valeur actualisée nette, taux interne de rentabilité, etc., méthode des effets) fiche a 3
(P) Méthodes matricielles et méthodes multi-
* critères simples (matrices d'analyse, matrice de décision) fiche a 4
** Courbes en S, modèles analogiques fiche a 10 (P)
CREATIVITE (brainstorming, synectique, heuristique, etc.)
*** L'analyse morphologique fiche b 4
SOIXANTE-DIX
** Méthode de déclassements comparés fiche a 5
(P) Arbres de pertinence fiche a 8
***
** Méthodes de surclassement (méthodes ELECTRE) fiche a 7
Méthodes d'analyse de système
[Scénarios] fiche b 1
** Delphi fiche b 2 (P)
*** Matrices d'interdépendance fiche b 3
(P) ** Analyse factorielle des correspondances fiche c 1
(P) * Analyse structurelle fiche c 2
*** Méthodes d'analyse stratégique fiche c 4
*** Dynamique de systèmes fiche c 3
QUATRE-VINGT
** Utilité multiattributs fiche a 6
Scénarios fiche b 1 (P)
proche avenir
*** Comprendre les choix implicites des autres
** Prendre en compte et anticiper les interactions avec le milieu environnant, communiquer (P)

Tableau 17. Présentation générale des outils méthodologiques de programmation de la R&D

D'une manière générale, toutes les techniques figurant sur ce tableau sont applicables à la programmation de la R&D. Sans que cette indication constitue plus qu'un avis, justifié par l'observation moyenne des applications, les techniques pour lesquelles le signe Ⓟ est mentionné correspondent au domaine de la décision publique en matière de recherches scientifiques et technologiques nouvelles.

Le nombre d'astérisques (*) accolés à chaque méthode en indique symboliquement le coût de mise en œuvre :
* : bon marché
** : assez cher
*** : cher et très cher

2. Méthodes de programmation des moyens de la R&D — Selection des programmes/projets de R&D

Fiche a 1

Les listes de contrôle

I. Méthodes

De très nombreuses listes de contrôle sont proposées dans la littérature concernant la sélection de programmes et de projets d'investissements en général, qui sont plus ou moins susceptibles d'être appliquées aux investissements en R&D.

Ces listes recensent les critères nécessaires à une bonne évaluation des programmes ou projets. Nous n'en mentionnerons ici que quatre [1] :

La liste Tecdev est bien adaptée aux problèmes de recherche-développement à finalité socio-économique. Elle présente quatre types de facteurs : fabrication, vente, utilisation et comptabilité-financement.

La liste Kieffer utilise un très grand nombre de critères (cinquante six) répartis en classes : financières, production, marketing et position de l'entreprise.

La liste Becker, qui fait suite aux travaux du Comité Recherche sur la Recherche de l'IRI (Industrial Research Institute), propose trente six facteurs répartis en groupes : objectif de l'organisation, marketing-distribution, fabrication, facteurs légaux réglementaires et finances. Notons que trois listes partielles sont plus particulièrement adaptées aux problèmes de recherche, de développement de produits et de développement de procédés.

L'EIRMA [2] a également proposé un aide-mémoire sous la forme d'une liste de contrôle pour obtenir une évaluation uniforme et cohérente des projets de R&D.

1 Notons que le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) a également mis au point une «liste de contrôle» pour l'évaluation *a priori* de ses projets de pré-investissement.

2 Acronyme de l'European Industrial Research Management Association.

II. Domaines d'applications

Les listes de contrôle, bien que souvent présentes quand il est question d'évaluation de programmes ou projets de R&D, ne sont pas à proprement parler des méthodes de sélection ou d'évaluation. Par contre elles peuvent constituer un excellent point de départ pour la mise en œuvre de méthodes plus sophistiquées comme les méthodes multicritères.

III. Bibliographie

Ouvrages généraux

Danila, N. *Stratégies technologiques. Méthodes d'évaluation et de sélection des projets.* Paris, IDMP - FNEGE, 1983.
(IDMP : Institut de Management Public; FNEGE : Fondation Nationale pour l'Enseignement et la Gestion)

TECDEV

Leclercq, R. *Le développement du produit nouveau.* Paris, Dunod, 1970.

Kieffer

Kieffer, D.M. Winds of change in industrial chemical research. *Chemical and Engineering News,* vol. 42, mars 1964.

Mahieux, F. *Le calcul de la rentabilité de la recherche : Sélection de projets.* Éditions Eyrolles, 1972.

Becker

Becker. Project selection check lists for research, product development, process development. *Research Management,* vol. XXIII, n° 5, septembre 1980.

EIRMA

E.I.R.M.A. *Méthodes d'évalution des projets de R&D.* EIRMA, 1975 (Paris, France).

Fiche a 2

Les ratios et indices de performances

I. Méthode

Ces méthodes consistent à attribuer à chaque programme ou projet de R&D de façon identique, un ratio (fraction sans unité), ou un indice (produits de facteurs divers) de manière à pouvoir les comparer et ainsi créer un ordre parmi ceux-ci.

La sélection s'opère alors, selon deux méthodes :

Sélection des meilleurs (au sens de l'ordre créé) dont le coût global ne dépasse pas une enveloppe budgétaire fixée.

Sélection des programmes ou projets dont le ratio, ou l'indice, dépasse une « barre d'admission » (quand celle-ci existe).

Exemple de ratios (1)

D'une manière générale un « ratio » est le rapport d'un avantage à un inconvénient, exprimés dans les mêmes unités :

$$R = \frac{A}{B}$$

où :

A = Investissement causé par le programme ou projet, ou valeur ajoutée relative qu'il promet d'apporter;

B = Dépense de R&D relative à un programme ou projet.

Ces ratios sont généralisés en un indice de notation (2).

$$I = \frac{\text{Valeur x probabilité de succès du programme ou projet de R\&D}}{\text{Financement optimal du programme ou projet de R\&D}}$$

où la Valeur est soit un revenu, un bénéfice, etc.

Exemples d'indice de performance

Ils vont des plus simples aux plus compliqués :

a) Indice d'Olsen (3) : $\frac{A \times B}{C}$

où :

A = Valeur des économies pendant un an dues au procédé nouveau mis au point grâce au programme ou projet de R&D (rapportée à 3% des ventes du produit pendant cinq ans) si une telle référence est considérée comme représentative du secteur industriel considéré.

B = Probabilité de succès de la recherche, du développement et de l'expérimentation (rapportée à 4 %, par exemple, d'après les statistiques de succès du secteur).

C = Coût de la recherche

b) Indice de Texas Instruments :

Indice = [Probabilité de réussite (rapportée à 4%)] ×

$$\times \left[\frac{\text{Gain de la recherche}}{\text{Coût de la recherche}}\right] \times \left[\frac{\text{Gain de la recherche}}{\text{Coût des investissements (Rapporté à un taux de rémunération du capital investi de 13,5 \%)}}\right] \times$$

$$\times \left[\frac{\text{Chiffre d'affaires annuel du produit nouveau}}{\text{Chiffre d'affaires total du produit pendant sa durée de vie (Rapporté à un taux d'accroissement annuel de 4 \%)}}\right] \times$$

$$\times \left[\frac{\text{Chiffre d'affaires annuel du produit nouveau}}{\text{Marché des produits similaires (Rapporté à une part de marché de 50 \%)}}\right]$$

Les références choisies pour les divers constituants de l'indice (4% pour la probabilité de succès; 13,5% pour la rentabilité des investissements; 4% pour la croissance des ventes; etc.) dépendent du secteur de recherche industrielle étudié. Elles constituent des objectifs moyens pour chacun des termes de l'indice.

c) Notons ici l'existence de la méthode PAM (Project Appraisal Methodology (4)) qui d'une part prend en compte les effets économiques (micro et macro) et d'autre part essaye d'intégrer des notions non économiques (effets et impacts).

II. Domaine d'application

Ce type de méthode, relativement simple, peut être appliqué à tout ensemble de programmes ou de projets de R&D dont les paramètres retenus pour le calcul du ratio ou de l'indice, auront pu être calculés.

Notons qu'une telle méthode peut parfaitement être appliquée en tant que première étape avant une sélection plus sophistiquée dans le cas de nombreux programmes ou projets de R&D.

III. Conditions d'applications

La grande simplicité de cette méthode a pour conséquence de ne nécessiter aucune compétence spécifique ni aucun matériel particulier.

Elle peut facilement être mise en œuvre à moindre frais. Il est néanmoins nécessaire de pouvoir estimer les paramètres retenus; ce travail peut être fait au niveau de la prise de décision ou peut-être plus facilement, au niveau de la proposition du programme ou projet de R&D.

IV. Avantages et inconvénients

Les critiques sont évidentes :

on privilégie ici l'aspect financier traditionnel aux dépens de toute notion stratégique, de risque de tout ordre, de relation entre variables...

une grande place est laissée à la subjectivité tant au niveau du choix des paramètres qu'à celui de l'estimation de ces derniers.

On peut donc supposer que l'ordre établi n'a rien d'absolu, et qu'une étude de sensibilité (influence de la variation des estimations sur l'ordre établi) aurait ici tout son intérêt.

Néanmoins, une telle méthode possède de réels avantages dont la simplicité de mise en œuvre est probablement le premier. On peut également citer l'intérêt d'obliger les différents interventants à employer un langage commun et explicite : celui des paramètres.

V. Bibliographie

(1) Recherche Développement dans l'entreprise. Enveloppe recherche et sélection de projets — compte rendu du séminaire des 7 et 8 juillet 1963. (C.E.R.I. C3E) CNAM - STS - Paris.

(2) IR & TC (International Research and Technology Corporation). Forecasting, planning, resource allocation, source book. Washington, D.C., 1970. (C.E.R.I. 765) CNAM - STS - Paris.

(3) Kieffer, D.M. Winds of change in industrial chemical research. *Chemical and Engineering News*, vol. 42, mars 1964, p. 88-109.

Morris, W.W. Market considerations in successful new product introduction. A.M.A. New products, new profits. N.Y. 1964. (C.E.R.I. 649). CNAM - STS - Paris.

Saint Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques*. Paris, Entreprise moderne d'édition, septembre 1974.

Silverman, Barry G. Project appraisal methodology: a multidimensional Cost-Benefit Assessment tool. *Management Science*, vol. 27, n° 7, 1981, p. 802-821.

(4) Silvermann, Barry G. Project appraisal methodology: market penetration elements. *Management Science*, vol. 2, n° 2, 1983, p. 210-224.

Voir également:

Gremillet, A. *Tables de ratios financiers. Les ratios et leur utilisation*. Paris, Éditions d'organisation, 1980.

Malinvaud, E. *Méthodes statistiques de l'économétrie*. Paris, Dunod, 1981.

Fiche a 3

Les méthodes issues de l'actualisation

Mal adapté à l'avenir incertain, voire indéterminé des programmes et projets de R&D, le calcul d'actualisation est pourtant très fréquemment utilisé à la demande expresse d'instances de décision et de financement. Celles-ci ont en effet souvent tendance à confondre des investissements classiques de production à risques limités avec des investissements dans la R&D qui sont fort différents.

Savoir utiliser les méthodes d'actualisation permet toutefois de présenter au mieux un dossier et de se prémunir de jugements hâtifs établis sur des prémisses discutables, pour ne pas dire erronées. On lira dans cet esprit les développements qui suivent.

I. Méthodes

Le nombre de ces méthodes est relativement important. On peut les classer en deux catégories:

Les méthodes simples : valeur actualisée nette, taux de rentabilité interne, méthode Disman, méthode Daudé, etc.

Les méthodes plus sophistiquées : méthodes des prix de référence et méthodes des effets, approches coût-avantage et coût-bénéfice.

1. Les principales méthodes simples

Elles sont applicables à toutes les formes d'investissement, incluant les dépenses de R&D afférentes à un produit, les dépenses de production et d'exploitation.

a) La valeur actualisée nette (VAN)

Cette méthode repose sur la formule :

$$VAN = \sum_{t=0}^{T} \frac{R_t - D_t - I_t}{(1+a)^t}$$

où :

D_t = Dépenses de l'année t (depuis les premières dépenses de recherche, jusqu'aux dépenses de commercialisation du produit);

R_t = Recettes de l'année t (cession de licence, ventes, prestations diverses);

I_t = Investissement de l'année t (investissements de recherche les premières années, puis les investissements de production);

a = taux d'actualisation.

Dans cette formule, la R&D n'est donc pas isolée. Elle est confondue avec l'ensemble des investissements nécessaires à la vente d'un produit dont la durée de vie est estimée à t années. Bien entendu, D_t, R_t, et I_t, sont des prévisions établies pour chaque année d'après l'expérience tirée de réalisations antérieures similaires et les dires des experts.

« a » est un paramètre économique à choisir par référence ou à considérer comme objectif.

La règle de décision consiste à choisir par ordre décroissant de VAN les programmes ou projets de R&D pour lesquels cette valeur est positive.

b) Le taux de rentabilité interne (TRI)

Elle repose sur la formule (utilisant les mêmes notations D_t, R_t et I_t que ci-dessus) :

$$\sum_{0}^{T} \frac{R_t - D_t - I_t}{(1+r)^t} = 0 \quad \text{où « r » est le TRI.}$$

La règle de décision consiste à choisir les projets par ordre décroissant de *r*.

Une variante de cette méthode, la méthode Daudé, est intéressante en ce sens qu'elle permet de trouver une signification physique au taux *r*.

Son expression la plus simple consiste à supposer que tous les investissements I_t sont concentrés sur l'année d'origine : $I_t = 0$ pour $t \neq 0$, $I_t = I_0$ pour $t = 0$.

On suppose par ailleurs que la marge M entre les recettes R_t et les dépenses courantes D_t est constante quelle que soit l'année $t \neq 0$.

$$R_t - D_t = M \qquad t \neq 0$$
$$R_t - D_t = 0 \qquad t = 0$$

La recherche du TRI s'écrit alors :

$$\frac{R_t - D_t - I_t}{(1+r)^t} = 0 \quad \text{ou} \quad -I_0 + \sum_{1}^{T} \frac{M}{(1+r)^t} = 0$$

$$\text{ou encore} \quad \sum_{1}^{T} \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{I_0}{M}$$

Si « r » est petit, on peut considérer que

$$\sum_{1}^{T} \frac{1}{(1+r)^t} \neq \frac{1}{\log(1+r)} \neq \frac{1}{r}$$

$$\text{Donc } \frac{1}{r} \neq \frac{I_0}{M} \text{ d'où } r \neq \frac{M}{I_0}$$

On a une idée du taux interne de rentabilité du programme ou projet de R&D en divisant la moyenne annuelle de la marge espérée par l'investissement total nécessaire.

c) Méthode Disman

Cette méthode est directement inspirée de la valeur actualisée nette (VAN, voir ci-dessus)

$$P' = K_t K_c \, VAN$$

où :
K_t = probabilité d'applicabilité technique des résultats du programme ou projet de R&D;
K_c = probabilité de succès commercial de l'application des résultats du programme ou projet de R&D.

La règle de décision consiste à choisir les programmes ou projets par ordre décroissant de l'espérance mathématique P' de valeur actualisée nette ainsi définie.

d) Méthode Hart

Elle revient à calculer une grandeur I_e :

$$I_e = \text{rdpc} \frac{\overline{E}}{\overline{C}}$$

où r, d, p, c, sont respectivement les probabilités de réussite de la recherche, du développement, de la production et de la commercialisation; $\overline{E}$ est la valeur actualisée des gains estimés pour la durée de vie des nouveaux produits :

$$\overline{E} = \sum_{t=1}^{T} \frac{\text{Marges}}{(1+a)^t}$$

$\overline{C}$ est la valeur actualisée du coût total de R&D du programme ou projet :

$$\overline{C} = \sum_{t=0}^{T} \frac{D_t + I_t}{(1+a)^t}$$

Cette méthode comporte plusieurs variantes basées sur le même principe.

e) Méthode Hess

Cette méthode de calcul en continu consiste à maximiser la valeur actuelle nette P, saisie cette fois à travers l'équation intégrale :

$$P = \int_0^T C(t) \; e^{-jt} \; dt$$

où C(t) représente le cash-flow ou la marge instantanée, et j l'actualisation instantanée.

Elle permet toutes les possibilités de simulation sur ordinateur, de calculs de sensibilité, etc.

f) Méthode ROI (Return on Investment)

Cette méthode permet de mesurer la rentabilité d'un investissement programmé de R&D ou d'un investissement consécutif.

$$ROI_t = \frac{B_t}{I_{t-1}}$$

où :
B_t = bénéfice de l'investissement de l'année t ;
I_{t-1} = montant de l'investissement de l'année t-1.

Cette méthode présente l'avantage d'être d'un emploi très simple, à partir du moment ou les I_t et B_t sont déterminés pour toutes les années t.

Le calcul sur plusieurs années se fait selon la formule

$$R = \prod_{t=1}^{T} (1 + ROI_t)$$

Le ROI moyen ($\overline{ROI}$) se calcule alors

$$\overline{ROI} = \sqrt[T]{R} - 1$$

On choisit les programmes ou projets de R&D selon l'ordre décroissant de ROI.

2. Les méthodes plus sophistiquées

Elles sont issues des analyses de type « coût/avantage ».

a) *Méthode des prix de référence;* cette méthode recourt à une programmation mathématique; elle s'applique à des investissements de R&D et à ceux consécutifs aux résultats du programme ou projet de R&D.

L'idée essentielle consiste à élaborer un modèle mathématique représentatif de plusieurs périodes de l'économie concernée et à chercher, à partir de ce modèle à optimiser la valeur de certaines variables (niveaux de production) afin de répondre au mieux à un objectif donné, comme par exemple :
rentabilité de la vente de matériels issus de programmes ou projets de R&D;
balance des devises dépensées entre l'achat de composants étrangers intervenant dans les matériels d'une part, et les exportations rapportant des devises sur les matériels finis d'autre part;
rentabilité de l'exploitation des matériels pour la société qui les a acquis.

Dans chaque cas, les formules traditionnelles VAN ou TRI signalées plus haut sont utilisées. L'originalité réside dans le fait de confronter des points de vue différents. On peut citer, dans l'ordre : point de vue du fabricant, point de vue des pouvoirs publics (balance des comptes extérieurs), point de vue de l'exploitant. Dans la plupart des cas, les modèles utilisés s'expriment sous la forme de la résolution simultanée d'équations linéaires soumises à des contraintes (recherche

d'optimisation linéaire — voir Danila, Squire, Van der Tak, Chosky et al. et Masse dans la bibliographie).

Le calcul des conditions optimales qui résolvent ces modèles fournissent des références (coût d'opportunité pour les contraintes, prix de référence pour les ventes) à partir desquelles des rentabilités théoriques servant d'objectifs peuvent être déduites.

On insistera sur le caractère excessivement théorique de tels développements mathématiques notamment dans les domaines touchant aux activités de R&D. La complexité des développements mathématiques compense le plus souvent la médiocrité des données de base servant à déterminer les coefficients numériques des équations linéaires. Les simulations qu'autorisent les méthodes coûts/avantages permettent toutefois de mieux raisonner et comprendre les phénomènes. Les résultats numériques ne constituent pas l'intérêt majeur d'une telle démarche.

b) *Méthodes des prix de référence à partir des prix internationaux et de paramètres nationaux.* Il s'agit de variantes des analyses coûts/avantages : méthodes de Little et Mirrless, de l'ONUDI et de Squire et Van der Tak.

Little et Mirrless préconisent un système de prix de référence basé sur le coût d'opportunité de tous les biens et services exprimé en devises étrangères, compte tenu des possibilités d'échange avec l'étranger (dénommé « système de prix frontières »).

La méthode de l'ONUDI, préconise, au lieu de calculer un revenu net actualisé aux prix frontières, disponible entre les mains du gouvernement, de calculer le revenu net disponible pour la consommation, estimé en monnaie nationale aux prix de référence (prix de marché ou extérieur, selon que le bien est échangé ou non).

Squire et Van der Tak, en s'inspirant de la méthode de Little et Mirrless, ajoutent à celle-ci une formulation plus précise de la prise en compte de l'impact du projet sur la répartition.

c) *Méthode des effets.* Assez difficilement applicable en pratique aux investissements dans le domaine de la R&D, elle est rappelée ici pour mémoire. Le principe de cette méthode est de comparer, à demande finale donnée en volume, la situation économique, c'est-à-dire le revenu des différents agents économiques (ménages, entreprises, état) en cas de réalisation du projet considéré avec leur situation en l'absence de projet, situation que l'on appelle « situation de référence ». Cette méthode consiste ensuite à proposer des critères de choix permettant de sélectionner des projets d'investissements productifs. Notons que cette méthode a été conçue comme un instrument de dialogue entre planificateurs et décideurs politiques. C'est à partir de cette méthode que Bussery et Chartois proposent une méthodologie opérationnelle à la Banque mondiale.

II. Domaines d'application

Indépendamment des avantages et inconvénients propres à chaque méthode, que l'on trouvera explicités dans Danila et Bussery et Chartois, il paraît important de souligner à nouveau que l'ensemble de ces méthodes paraît mal adapté à un problème de sélection de programmes et projets de recherche scientifique et technologique proprement dits.

En effet le caractère extrêmement aléatoire de la recherche ne permet pas dans la plupart des cas de réunir les indications nécessaires à ces méthodes. Comment par exemple estimer une recette actualisée concernant un produit qui n'est qu'au stade de la recherche. En fait, ces méthodes sont plus particulièrement applicables en matière de choix d'investissements dans l'appareil de production et ceci, à tous les niveaux. Elles sont donc, comme nous l'avons dit, très difficilement applicables à la problématique de la sélection de programmes ou de projets de recherche.

III. Conditions d'applications

Ces méthodes sont relativement simples à mettre en œuvre. Elles demandent une bonne méthodologie dans l'élaboration des différentes indications, parfois même l'intervention d'experts est nécessaire (élaboration de probabilités de succès technique et économique de la nouvelle production industrielle, méthode des effets, etc.).

IV. Bibliographie

Ouvrages généraux

Danila, N. *Stratégies technologiques. Méthodes d'évaluation et de sélection de projets de recherche.* FNEGE et IDMP, juin 1983, Paris.

(IDMP: Institut de management public; FNEGE: Fondation nationale pour l'enseignement et la gestion.)

Saint-Paul, R; Ténière Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques. Sélection des projets et méthodes de prévision.* Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

Méthode VAN et TRI

Gibert et Lavergne. *Analyse des coûts pour le management.* Paris, Economica, 1978.

Méthode Daudé

Essai de nouvelles tables d'actualisation. *Bulletin de la Caisse Nationale des Marchés de l'État,* Paris, nos 47 (1970) et 51 (1971).

Méthode Disman

Disman, S. Selecting R&D projects for profit. *Chemical Engineering,* vol. 69, déc. 1962.

Méthode Hart

Hart. Evaluation of R&D projects. *Chemistry and Industry,* n° 13, 1965.

Mahieux, F. *Le calcul de la rentabilité de la recherche. Sélection des projets.* Paris, Éditions Eyrolles, 1972, p. 69.

Méthode Hess

Hess, S.W. A dynamic programming approach to R&D budgeting and project selection. *Industrial Research and Engineering Transactions on Engineering Management,* vol. EM 9, décembre 1962, p. 170-179.

Asher, D.T.; Disman, S. Operations research in R&D. *Chemical Engineering*, vol. 59, janvier 1963.

Cramer, R.M. *An application of decision theory to the selection of research projects*. MIT, 1963.

Cramer, R.H.; Smith, B.E. Decision models for the selection of research projects. *Engineering Economist*, vol. 9, février 1964.

Méthode ROI

Augood, D. A review of R&D Evaluation Méthods. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. EM 20, n° 4, 1973.

(IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers)

Méthodes des prix de références et des effets

Bussery, A.; Chartois, B. Analyse et évaluation des projets d'investissements. *BIRD*, vol. VI, 1979.

Little, I.M.D.; Mirrless, J.A. *Project Appraisal and Planning for Developing Countries*. Londres, Heinemann Educational Books, 1974.

Dasgupta, Sen et Marglin. *Directives pour l'évaluation des projets*. Vienne, ONUDI, n° de vente F72IIB11.

Squire et Van der Tak. *Analyse économique des projets*. Paris, Economica, 1975.

Chervel et Le Gall. *Manuel d'évaluation économique des projets : la méthode des effets*. Paris, Ministère de la coopération, 1976.

Voir également :

Albouy, M. *Régulation économique dans l'entreprise*. Paris, Dunod, 1972.

Choski, A.M.; Kendrick, D.A.; Meedaus, A.; Stoutjesdijk, A.J. *La programmation des investissements industriels. Méthode et étude de cas*. Banque mondiale. Paris, Economica, 1980.

Giard, V. *Gestion de la production. Calcul économique*. Paris, Economica, 1981.

Holl, J.C. *Cinq cas d'études d'investissements*. Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

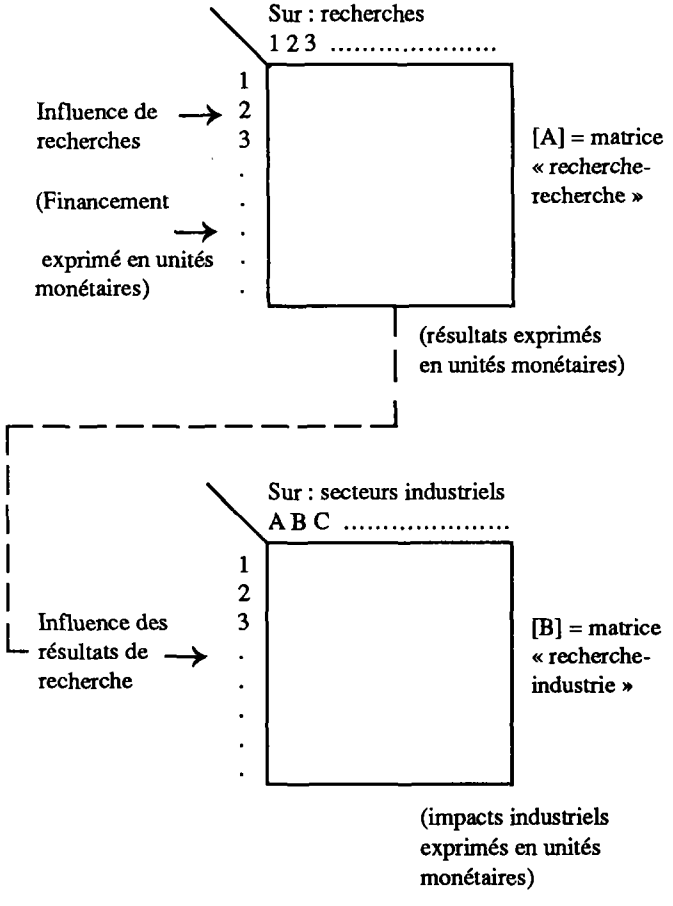
Masse, F. *Choix des investissements*. Paris, Dunod, 1959.

Fiche a 4

Les méthodes matricielles et méthodes multicritères simples

I. Méthodes

Les matrices d'analyse « recheche-recherche » et « recherche-industrie » consistent à représenter sous la forme d'un tableau les influences du financement d'une recherche sur toutes les autres recherches dans le premier cas, ou les influences financières de l'obtention de résultats de recherche sur le développement économique de secteurs industriels dans le second.



Inspirés des tableaux input-output inter-industriels utilisés en macro-économie (travaux de Leontieff), ces matrices (A) et (B) peuvent être réduites à des coefficients techniques sans dimension (par division — par le total des lignes — des colonnes).

La multiplication matricielle [A] × [B] = [C] fournit une matrice « financement de la recherche/impact industriel » qui, inversée ($[C]^{-1}$) indique, théoriquement, les financements (en unités monétaires) ou la répartition la meilleure à consentir pour chaque type de recherche en fonction d'impacts industriels sectoriels désirés.

Les matrices de décision sont des grilles d'appréciation comportant des critères pondérés en lignes et les projets à sélectionner en colonnes. Chaque projet est noté selon chaque critère. Une note moyenne est calculée

$$Nj = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_j^i \, p_i}{\sum_{i=1}^{k} p_i}$$

n_j^i est la note du projet j selon le critère i
p_i est la pondération du critère i ;
N_j est la note moyenne attribuée au projet j, ce qui permet de le classer parmi les autres projets ;
k est le nombre total de critères pris en considération.

La méthode Mottley-Newton, la méthode Profile sont des exemples de ces techniques multicritères simples.

II. Domaines d'application

Les matrices d'analyse concernent la programmation des recherches à l'échelon national. C'est une approche macro-économique très inspirée des tableaux d'échange inter-industriels, et une bonne façon de raisonner qualitativement sur les relations recherche/recherche et recherche/industrie car le plus souvent les données chiffrées manquent, notamment pour réaliser la dernière phase (calcul d'inversion de la matrice (C)) de cette méthode.

Les matrices de décision qui sont en fait des procédures simples de classement de projets, analogues à celles utilisées dans les examens et concours scolaires pour des étudiants, s'appliquent à tout ensemble de projets homogènes ayant en commun des caractéristiques nombreuses et comparables.

III. Conditions d'application

Les matrices d'analyse nécessitent une bonne compréhension globale de l'ensemble des recherches, des secteurs industriels et des relations existant entre eux. Une condition préalable est donc l'existence d'un service statistique central recueillant et traitant toutes ces données [1]. Les matrices d'analyse valorisent alors sous une forme synthétique, aisément compréhensible, l'essentiel de l'information disponible.

Les matrices de décision sont applicables dès que l'on connaît l'ensemble des projets à sélectionner et l'ensemble des critères retenus pour les sélectionner. Un point important de cette méthode est le choix de la pondération affectée aux divers critères, la nature de cette pondération étant éminemment politique.

1 Voir à ce sujet le *Manuel d'inventaire du potentiel scientifique et technologique national* publié par l'Unesco en 1987 sous le n° 67 dans la série « Études et documents de politique scientifique ».

IV. Avantages et inconvénients

Les méthodes matricielles, qu'elles soient d'analyse ou de décision, sont simples et transparentes, c'est-à-dire que tous les intéressés visés par la sélection peuvent comprendre et refaire les calculs qui y conduisent.

Le grave inconvénient de ces méthodes est la difficulté de mesurer les influences dans la première technique (matrices d'analyse) et la fragilité des appréciations et notations dans la seconde (matrices de décision).

V. Bibliographie

Saint-Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques. Sélection des projets et méthodes de prévision.* Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

Matrices d'analyse

Le progrès scientifique. numéros spéciaux. Série d'articles « Les moyens consacrés à la recherche et au développement dans l'industrie française ». Paris, La documentation française, 1966, 1967 et 1968.

Cetron, M.J. *Technological Forecasting. A Practical Approach.* Gordon and Breach, 1969.

Matrices de décision

Cetron, M.J. *Technology Assessment in a Dynamic Environment.* Gordon and Breach, 1973.

Mottley, Newton. The Selection of Projects for Industrial Research. *Operational Research,* vol. 7, 1959.

Fiche a 5

La méthode du déclassement comparé

I. Méthode

La technique du déclassement comparé présente une certaine analogie avec celle des arbres de pertinence (cf. Fiche a 8). Elle se décompose en deux étapes :

Une étape analytique qui consiste à faire découvrir la multiplicité des actions de sélection possibles et à obtenir un équilibre entre la satisfaction d'objectifs par des moyens appropriés ainsi qu'à déterminer des objectifs répondant à la mise en œuvre de moyens;

Une procédure de sélection.

1. Étape analytique

Généralement, trois niveaux de recherche sont retenus, décrivant ainsi un arbre :

le programme de recherche;

le projet de recherche;

les O.E.R. (Opérations élémentaires de recherche) qui sont des opérations de recherche à court terme.

La réflexion s'effectue, dans un premier temps, du haut vers le bas de façon à déterminer les O.E.R. susceptibles de satisfaire les objectifs supérieurs.

Mais une autre réflexion est nécessaire. Elle consiste à raisonner du bas vers le haut en partant des O.E.R. en cours. L'obtention d'un équilibre entre ces deux approches est le but de cette première étape.

2. Procédure de sélection

Elle s'effectue sur l'ensemble des O.E.R. qui résultent de l'équilibre précédent. Le but est ici d'arriver à grouper les différents programmes ou projets en plusieurs classes « d'ex aequos ». Pour cela il est nécessaire de choisir des critères et leur affecter à chacun une échelle d'appréciation qualitative.

Par exemple, un « point de vue général », les chances d'aboutissement du programme ou du projet de R&D, réunira trois critères :

- la probabilité technique de réussite;
- la probabilité d'utilisation du résultat;
- l'intérêt manifesté par le personnel.

Le premier critère sera apprécié selon quatre échelons : a) réussite quasi certaine; b) probable; c) incertaine; d) hasardeuse.

Le second critère sera apprécié par une échelle similaire : e) utilisation quasi certaine; f) probable; g) incertaine; h) hasardeuse.

Le troisième critère, considéré comme le plus important, aura trois échelons d'appréciation seulement : i) personnel motivé; j) neutre; k) hostile;

La méthode consiste alors à classer les programmes ou projets à partir d'axiomes concernant notamment :

- les relations de déclassement à l'intérieur d'une même échelle;
- les relations entre échelles;
- les équivalences entre échelles.

Ces axiomes sont généralement formalisés par des grilles (type tables de multiplications). Par exemple, la combinaison a + e + i conduira à l'attribution de la classe 0; la combinaison a + f + i à la classe 1, la combinaison b + f + i à la classe 4, etc.

II. Domaine d'application

Ce type de méthode, comme l'ensemble des méthodes multicritères, nécessitent une approche globale des problèmes, et ceci à la différence des autres méthodes de sélection (ratios, actualisation, matrices, etc.).

Néanmoins, on peut considérer que la méthode des déclassements comparés est la plus simple des diverses méthodes multicritères.

Cette méthode peut donc parfaitement s'adapter à la programmation de la recherche à divers niveaux : aussi bien au niveau national qu'au niveau de l'organisme de recherche ou de l'entreprise.

Notons qu'une telle méthode semble néanmoins un peu légère pour établir une politique nationale de la recherche.

III. Conditions d'application

Au niveau pratique, il est important de consigner les grilles traduisant les axiomes sur des feuillets (parfois nombreux). Ceci permettra en outre d'introduire la méthode sur ordinateur qui, avec un programme relativement simple, donnera rapidement la classe des projets (les combinaisons d'échelons évoquées dans l'exemple ci-dessus constituent les éléments du programme informatique).

D'autre part, comme dans la méthode des arbres de pertinence, cette méthode demande une bonne appréciation des O.E.R au moyen des critères choisis. Aussi, même si ces critères sont ici généralement moins techniques et moins nombreux, il sera nécessaire de faire appel à des experts.

IV. Avantages et inconvénients

Il faut être parfaitement conscient du caractère artificiel de la méthode. L'axiomatique n'amène aucune information supplémentaire. De plus, à la différence d'autres méthodes comme les méthodes Electre [1], il peut sembler ici que les intentions des sélectionneurs soient cachées derrière un ensemble de règles difficiles à appréhender par un non-initié (alors que le système de pondération est généralement bien perçu).

Par contre, la phase analytique possède ce grand avantage qui est d'obliger à disséquer puis reconstruire toute une politique de recherche. Elle impose une discipline à la pensée politique.

1 Electre: Voir fiche a 7.

V. Bibliographie

Le Boulanger, Hubert; Roy, Bernard. L'entreprise face à la sélection et à l'orientation des projets de recherche : la methodologie dans le groupe SEMA [1]. *METRA*, vol. VII, n° 4, 1968. (C.E.R.I. D 512). CNAM - STS - Paris.

SEMA (Département recherche opérationnelle). Évaluation et sélection des projets de recherche. La méthode des déclassements comparés. (C.E.R.I. D 617) - CNAM - STS - Paris.

Danila, N. *Stratégies technologiques. Méthodes d'évaluation et de sélection des projets.* Paris, FNEGE et IDMP, 1983, p. 146 à 149.
(IDMP : Institut de Management Public; FNEGE : Fondation Nationale pour l'Enseignement et la Gestion)

1 Société d'économie et de mathémtaiques appliquées (SEMA) du groupe international METRA.

Fiche a 6

L'utilité multiattributs

I. Méthode

On considère un ensemble fini d'alternatives potentielles A = {a, b, c,...} permettant d'exprimer une préférence entre des programmes ou des projets de R&D en se basant sur un ensemble (g_1, g_2...g_n) de critères d'appréciation. L'utilité multiattributs consiste à essayer d'estimer une fonction U (g_1, g_2,...g_n), appelée fonction d'utilité telle que l'application de cette fonction à des programmes ou projets a et b quelconques entraîne l'identification d'une préférence entre a et b.

$$\{ U(g_1(a) \dots g_n(a)) \geq U(g_1(b), g_2(b), \dots g_n(b)) \} \Leftrightarrow a \geq b$$

Le symbole ≥ exprime la préférence ou l'indifférence de l'alternative a par rapport à l'alternative b.

La relation ≥ ainsi définie est complète et transitive. La décision est alors basée sur le rangement obtenu par ≥ sur A.

Cette technique repose sur un certain nombre de principes :

Il existe un décideur dont on cherche à identifier les préférences. Ces préférences préexistent, c'est à dire qu'on peut lui faire exprimer ses règles de choix.

Les éléments d'incertitude, d'indétermination peuvent être complètement décrits par des lois de probabilité (il y a des « règles » pour le hasard).

Le système relationnel de préférence n'est formé que de la relation d'indifférence et de la relation de préférence. Il n'est donc pas laissé de place, comme c'est le cas dans les analyses de surclassement, à la notion de préférence faible et à l'incomparabilité des alternatives (voir fiche a 7).

Le résultat de cette méthode se met alors sous la forme d'un préordre total sur A (ordre total à partir de la relation de préférence, sur un ensemble de classes d'équivalences formées d'éléments indifférents).

II. Domaines d'application

Cette méthode fait appel à une formalisation mathématique assez poussée. Ainsi les contraintes essentielles sont constituées par un certain nombre d'axiomes concernant cette formalisation. Par exemple, celui concernant les éléments d'incertitudes qui doivent être probabilisables.

Or, concernant ce dernier point, on peut dire que c'est rarement le cas en matière de programmation de la recherche scientifique et technologique (R&D).

C'est pourquoi, on peut avancer que cette méthode semble ne s'appliquer qu'à un champ relativement restreint dans le domaine qui nous intéresse ici.

Notons qu'il est toujours possible de lever ces contraintes à partir d'hypothèses plus ou moins justifiées.

Le moyen de ne pas discréditer la méthode consiste alors à effectuer une analyse de robustesse sur ces hypothèses, c'est à dire un calcul de sensibilité, à partir de simulations autour d'une solution choisie, permettant d'en mesurer la stabilité.

III. Conditions d'applications

Le principe même de la méthode implique l'intervention d'un « homme d'étude », qui sera souvent un spécialiste parfaitement rompu aux problèmes statistiques, algébriques, etc.

De plus, le dialogue avec le décideur (ou les décideurs) est un élément de base de cette théorie. Il sera donc nécessaire de prévoir une disponibilité importante de ce dernier. Il semble n'exister à ce jour que des applications de grande ampleur de cette technique d'aide à la décision. En effet une sélection de projets de recherche ou d'application au sein d'une entreprise de taille petite ou moyenne semble ne pas pouvoir s'adapter ici.

IV. Avantages et inconvénients

L'avantage majeur de la théorie de l'utilité consiste en une présentation limpide des résultats : constitution d'un préordre total dans l'ensemble des projets à sélectionner. Elle constitue une étape méthodologique vers la mise au point de systèmes experts et de techniques d'intelligence artificielle.

Malheureusement cette limpidité se paye aux prix d'hypothèses et d'axiomes très contraignants qui, soit rétrécissent le champ d'action de cette théorie, soit enlèvent toute signification aux résultats.

Enfin, il faut noter que cette méthode nécessite une information très complète souvent difficile à obtenir.

V. Bibliographie

Gardiner, R.; Edwards, W. Public Values : Multiattribute Measurements for Social Decision Making. Dans : *Human Judgment and Decision Processes.* New York, Academic Press, 1975.

Fishburn, P.C. Utility Theory. *Management Science,* vol. 14, 1968.

Fishburn, P.C. Methods of Estimating Additive Utilities. *Management Science,* vol. 3, 1966.

Fishburn, P.C. *Utility Theory for Decision Making.* New York, Wiley and Sons, 1970.

Keeney, R.L. Utility Fonctions for Multiattributed Consequences. *Management Science,* vol. 18, 1972.

Keeney, R.L. *Decisions with Multiple Objectives.* New York, Wiley and Sons, 1976.

Keeney, R.L. *The Art of Assessing Multiattribute Utility Functions. Organisational Behaviour and Human Performance.* New York, Wiley and Sons, 1977.

Keeney, R.L. *Siting Energy Facilities.* New York, Academic Press, 1980.

Keeney, R.L.; Raiffa, H. *Decisions with Multiple Objectives.* New York, Wiley and Sons, 1976.

Montgolfier, J. (de); Bertier, P. *Approche multicritère des problèmes de décision.* Paris, Éditions Hommes et techniques, 1978.

Posavac, E.J.; Carey, R.G. *Program Evaluation: Methods and Case Studies.* New Jersey, Prentice Hall, 1980.

Roy, B. *Algèbre moderne et théorie des graphes.* Paris, Dunod, 1969.

Roy, B.; Vincke, P. L'analyse multicritères. *Congrès 1980 de la société canadienne pour la recherche opérationnelle.* Document du LAMSADE (Laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision), Université de Paris Dauphine, Paris.

Siskos, J. Les programmes UTA. Manuel d'utilisation. Paris, Université Paris Dauphine, *Cahier du LAMSADE,* n° 24, 1979.

Vincke. Preference Modelling: A Survey and an Experiment. *Operational Research,* 1981, North Holland Publishing Company.

Von Neumann and Morgenstern. *Theory of Games and Economic Behaviour.* Princeton, Princeton University Press, 1947.

Fiche a 7

Les méthodes de surclassement Méthodes ELECTRE

I. Méthodes

Comme dans la théorie de l'utilité, il s'agit ici de faire agir des critères $\{g_1 \ldots g_n\}$ sur un ensemble A d'alternatives possibles (voir fiche a 6). Le principe de cette approche consiste, par la construction d'une relation de surclassement S, à modéliser la partie des préférences que l'on peut considérér comme sûres.

Ainsi, a S b signifie que « a est au moins aussi bon que b ». De plus toute latitude est laissée en ce qui concerne l'incomparabilité de deux alternatives pour lesquelles le décideur ne peut pas, ne veut pas, ou ne sait pas comment trancher.

Le but de ces méthodes est d'obtenir un ordre partiel sur l'ensemble des alternatives, le plus consistant possible, en fonction de l'information disponible.

Il existe en fait un grand nombre de méthodes d'aide à la décision faisant appel à l'approche du surclassement. La plupart d'entre elles sont du type ELECTRE.

Cette méthode a été développée par B. Roy, actuellement directeur du LAMSADE (Laboratire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision), et ses collaborateurs.

Il existe des méthodes ELECTRE :

faisant intervenir des critères flous ou déterministes, avec ou sans notion de seuil;

avec une pondération numérique des critères ou sans;

pouvant prendre en compte des éventualités futures, certaines ou incertaines;

fournissant une relation de surclassement floue ou déterministe;

qui ont été construites pour les problèmes de choix, de tri, de rangement et de description.

Elles ont donné naissance à quatre grandes méthodes : les méthodes ELECTRE I, II, III et IV.

Dans la procédure qui conduit à la résolution d'un problème de décision, on peut distinguer quatre niveaux méthodologiques fondamentaux:

La définition des actions (alternatives) à prendre en compte et la problématique à envisager (choix, tri, rangement).

La détermination des points de vue à considérer et la modélisation des préférences du décideur pour chacun des points de vue (construction des critères).

La synthèse des informations précédentes en un modèle global impliquant une agrégation des préférences (construction d'une relation de surclassement).

L'application d'une procédure en vue de la résolution du problème de décision (construction de l'ordre partiel).

II. Domaines d'application

Étant donnée la grande souplesse des méthodes ELECTRE, il est possible de concevoir des applications dans de nombreux domaines : choix des investissements, décision stratégique pour les entreprises, sélection de projets de recherche, etc.

De plus ces applications peuvent s'effectuer à tous niveaux car ces méthodes peuvent donner lieu aussi bien à de très importantes études en vue d'un choix à l'échelle nationale, qu'à la formalisation d'une procédure de sélection permettant de sélectionner rapidement des projets de recherche au sein d'une entreprise.

III. Conditions d'application

Ces méthodes sont conçues pour ne pas faire trop appel à une formalisation mathématique poussée, même si une bonne formation mathématique est souhaitable.

L'intervention d'un homme d'étude, qui n'est pas le décideur, est nécessaire. Il peut s'agir d'un service précis d'une organisation ou de l'intervention d'un spécialiste. Une bonne connaissance des différentes méthodes est souhaitable pour évoluer parmi les très nombreuses publications et faire le choix d'une méthodologie adaptée.

Les moyens informatiques ne sont ici nullement nécessaires, parfois souhaitables.

IV. Avantages et inconvénients

Les avantages paraissent multiples :

La souplesse qui permet une application à des domaines divers et à des niveaux différents;

L'adaptation aux informations disponibles;

La prise en compte des points de vue de tous les acteurs;

L'accessibilité de la méthode, au moins dans ses principes.

Par contre il est nécessaire d'indiquer que ces méthodes peuvent laisser penser que « c'est du bricolage ». On aura alors soin d'effectuer des analyses de robustesse pour accréditer les résultats.

V. Bibliographie

Ces méthodes ont donné lieu, ces dernières années, à de nombreuses publications. Pour une bibliographie quasi-exhaustive, se référer aux deux premiers ouvrages.

Ouvrages bibliographiques

Siskos, J.; Wäscherg; Winkel, H.M. A Bibliography on Outranking Approaches (1966-1982). *Cahier du LAMSADE*, n° 45, février 1983, Paris, Université de Paris Dauphine.

Siskos, J.; Winkel, H.M. Outranking Approaches: a Survey on Methods and Applications. *Cahier du LAMSADE*, Université de Paris Dauphine (à paraître).

Ouvrages généraux et applications

Saint-Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques*. Paris, Ent. mod. d'édition, 1974.

Benayoun, R.; Toy, B.; Sussman, B. *Electre: une méthode pour guider le choix en présence de points de vue multiples*. SEMA Direction scientifique. Notes de travail, n° 49, juin 1966. Paris.

Buffet, P.; Gremy, J.P.; Darc, M.; Sussman, B. Peut-on choisir en tenant compte de critères multiples ? Une méthode (Electre) et trois applications. *METRA*, vol. VI, n° 2, 1967. Paris.

Roy, B. Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode Electre). *Revue française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle*, n° 8, 1968, Paris.

Roy, B. *La méthode Electre II*. METRA Direction scientifique. Note de travail, n° 142, 1971. Paris.

Roy, B. Electre III : un algorithme de classement fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. *Cahiers du Centre d'études de recherche opérationnelle*, vol. XXII, n° 1, 1980. Paris.

Roy, B. Critères multiples et modélisation des préférences : l'apport des relations de surclassement. *Revue d'économie politique 84*, n° 1, 1974. Paris.

Roy, B.; Berthier, P. La méthode Electre III, une application au media planning. Dans: Ross, M. (dir. publ.), *Operational Research*, 72, North Holland Company, 1973.

Roy, B.; Hugonnard, J.C. Ranking of Suburban Line Extension Projects on the Paris Metro System by a Multicriteria Method. *Transportation Research A*, 16 A (4), 1982.

Roy, B.; Laffy, R. L'entreprise face à la sélection et l'orientation de projets de R&D. *Cahiers GRD*, n° 10, février 1968. CNAM - STS - Paris.

Siskos, J.; Hubert, Ph. Multicriteria Analysis of Impacts of Energy Alternatives: A Survey and a New Comparative Approach. *Cahier du LAMSADE*, n° 41, Paris, Université Paris Dauphine, 1982.

Siskos, J.; Jacquet Lagreze, E. *Méthode de décision multicritères*. Monographie de l'AFCET. Paris, Éditions hommes et techniques, 1983.

Zadeh. Toward a theory of fuzzy sets. Dans : R.E. Ralman (dir. publ.). *Aspects of Networks and System Theory*. E.R.L. Report n° 69.2. University of California, 1969.

Guide d'utilisation

Benayoun, R.; Roy, B.; Sussman, B. *Manuel de référence du programme Electre*. SEMA Direction scientifique. Note de synthèse et formation, n° 25, mai 1966, Paris.

Skalka, J.M.; Bouyssou, D.; Bernabeu, Y.A. Electre III et IV : Aspects méthodologiques et guide d'utilisation. *Documents du LAMSADE*, n° 25. Université de Paris Dauphine, juillet 1983.

Fiche a 8

Les arbres de pertinence

I. Méthode

Le but de cette méthode est de rationaliser la sélection d'opérations élémentaires en vue de satisfaire à des objectifs globaux ou à une politique.

Elle se décompose en deux étapes :

une modélisation consistant en une construction d'un arbre représentant le processus de décision en niveaux d'importance homogène, allant du général au particulier. On obtient ainsi un graphe d'appui ou arbre de pertinence (relevance tree).

une notation consistant à accorder une « note » de pertinence à chacun des nœuds puis à chacun des chemins décrits par l'arbre. On détermine ainsi un (voire plusieurs) chemin optimal ou stratégique.

1. La modélisation

Le graphe d'appui se décompose généralement en six ou sept niveaux :

Niveaux supérieurs :	la politique les missions les objectifs les moyens
Niveaux inférieurs :	les programmes de R&D les projets de R&D les O.E.R. (Opérations élementaires de recherche) (éventuellement les O.E.R. manquantes)

2. La notation

Noter un nœud consiste à apprécier sa pertinence, c'est-à-dire à mesurer l'apport de celui-ci à la réalisation d'un objectif du niveau qui lui est immédiatement supérieur. Cette note devra donc être évaluée en fonction des différents critères de ce dernier niveau. Prenons l'exemple d'un système en recherche spatiale.

On note la pertinence de chaque sous-ensemble en colonne pour chaque critère de niveau supérieur en sorte que le total des notes attribuées soit égal à 1. On effectue ensuite un calcul de moyenne pondérée afin d'obtenir les notes globales de pertinence. L'agrégation des notes le long d'un chemin permet ensuite de dégager un chemin stratégique. Ce dernier désigne donc les projets de recherche à entreprendre.

Il existe plusieurs approches pour déterminer ce chemin stratégique : le système Pattern, le système Score qui est directement inspiré de Pattern, et le système CPE.

Nous donnons ici un aperçu des deux méthodes principales Pattern et CPE.

a) Le système Pattern

C'est celui qui est utilisé dans l'exemple numérique ci-dessus. Après avoir choisi des critères pour chacun des niveaux du graphe d'appui, ce système consiste à suivre la démarche suivante :

Pondérer chacun des critères, pour un niveau donné, de manière à ce que la somme des pondérations soit égale à 100% (ou à 1);

Noter chacun des nœuds suivant chaque critère du niveau supérieur. Cette notation s'effectue de 0 à 1 selon que le nœud contribue peu ou parfaitement à la satisfaction du critère. C'est la notation en colonne de l'exemple ci-dessus;

Effectuer pour chaque nœud la somme des notes obtenues pondérées par les poids des critères correspondants (calcul de pertinence);

Effectuer le produit des notes des nœuds se trouvant sur un même chemin pour obtenir la note globale du chemin allant du sommet de l'arbre au projet de recherche.

Le chemin stratégique sera donc celui qui possède la note maximale et la règle de décision consiste donc à sélectionner les projets de recherche dans l'ordre décroissant de ces notes.

b) Le système CPE

Le passage du graphe d'appui à la pertinence globale s'effectue en trois étapes et met, cette fois, en œuvre une combinaison additive sur la droite $[0, +\infty]$. 0 est la meilleure note possible; ∞ est une notation rédhibitoire. Reprenons le même exemple.

Le tableau se remplit par colonne en choisissant les notes dans les échelles de notation respectives. La pertinence globale est déduite par des tables pré-établies d'agrégation des notes (technique très proche des déclassements comparés, cf. fiche a 5).

Critères niveau i - 1 (sous-systèmes)	Poussée (forte)	Poids (faible)	Maniabilité (bonne)	Coût (faible)	
Pondération	40%	30%	10%	20%	$\Sigma = 100\%$
Nœuds niveau i (sous-ensembles):					Pertinence calculée
Turbine	0,25	0,40	0	0,20	0,26
Compresseur	0,25	0,40	0	0,30	0,28
Gyroscope	0	0	0,80	0,25	0,13
Tuyère	0,50	0,20	0,20	0,25	0,33
	1	1	1	1	1

Critères des sous-systèmes	Poussée	Poids	Maniabilité	Coût	
Echelles de notation	[0,1,2,3...∞)	[0,1,2,3...∞)	[0,1,2,3...∞)	[0,1,2,3...∞)	
Nœuds du niveau sous-ensembles rattachés au nœud « Réacteur »:					Pertinence calculée
Compresseur	1	4	2	0	7
Turbine	1	2	2	1	6
Tuyère	0	2	1	1	4

La première étape de la méthode CPE consiste donc à ne pas pondérer les critères mais à leur attribuer des échelles de notation différentes (nombres entiers sur (0, + ∞).

Sont alors notés tous les nœuds provenant d'un même nœud supérieur (note = somme des notes suivant chaque critère).

La deuxième étape consiste à attribuer une note définitive à chacun des nœuds. En particulier, quand un nœud aura été noté plusieurs fois dans l'étape précédente, on prendra comme note définitive le minimum des notes précédentes.

La troisième étape consiste à calculer les pertinences globales des chemins : ce sont les sommes des notes des nœuds qui les composent.

Le chemin stratégique est alors celui qui obtient la note la plus faible. La règle de décision consiste donc à sélectionner les projets de recherche par ordre croissant de ces notes globales.

II. Domaine d'application

Ces techniques permettent d'apprécier le degré de cohérence d'un projet de recherche par rapport aux objectifs d'une organisation. Elles permettent également de conseiller la stratégie à suivre pour la valorisation des efforts de recherche et de déterminer des « déficiences technologiques » (Projets de recherche manquants).

Ce sont donc aussi bien des techniques de sélection que des techniques d'évaluation.

Néanmoins, élaborées pour des programmes militaires, ces méthodes ne sont pas toujours très bien adaptées aux programmes civils. Des variantes ont été créées pour pallier cet inconvénient.

Enfin cette méthode paraît un peu schématique pour élaborer une politique nationale de R&D.

III. Conditions d'application

1. Établissement d'un « guide de pertinence »

La constitution du graphe d'appui, et ceci particulièrement dans le cas de l'emploi du système Pattern, se heurte à un certain nombre de contraintes qui doivent toutes être levées à partir de conventions. Ces conventions doivent être décrites dans un « guide de pertinence ». Il s'agit en particulier :
d'éviter les redondances (dans un même niveau ou à différents niveaux);
d'éviter les déséquilibres de l'arbre (remplissage et liaisons);
d'expliquer les choix effectués (place, poids, évaluations...).

2. Une procédure nécessitant l'intervention d'un grand nombre de personnes

Certains graphes d'appui possèdent à leur niveau ultime plusieurs milliers d'éléments qui vont donc faire appel à des disciplines très différentes.

Il est néanmoins nécessaire que des experts puissent noter l'ensemble de ces éléments, ce qui implique l'intervention d'un grand nombre d'experts.

IV. Avantages et inconvénients

La clarification des idées des chercheurs en intégrant leur travail parcellaire dans un ensemble cohérent constitue certainement un des plus importants avantages de ces méthodes. On peut également noter une grande souplesse d'utilisation même si la mise en place fait preuve d'une certaine lourdeur.

Notons enfin les avantages particuliers de la technique CPE qui permet une prise en compte, par une possible ramification de l'arbre d'appui, des phénomènes de complémentarité et de substitution.

Il faut cependant remarquer que ces méthodes ont essentiellement été conçues pour des programmes militaires. De plus elle tendent souvent à créer un outil mathématico-théorique de plus en plus sophistiqué et de plus en plus éloigné de l'application pratique.

V. Bibliographie

Alderson. Requirement analysis of opportunity identifying using relevance trees. In : Cetron, M.J.; Ralph, C. *Industrial Application of technological forecasting*. New York, Wiley, 1971.

Arditti, J.C.; Crestin, J.P.; Philippe, G.; Renoup, C.; Saiac, J.H. *Mise au point d'une méthode de programmation de la recherche en matière de transports*. Service des Affaires économiques et internationales. École nationale supérieure de techniques avancées. (C.E.R.I. 1300). CNAM - STS - Paris.

Bollore, Y.; Vidrequin, M.C. *Évaluation et sélection de projets de recherche à l'aide de fonctions booléennes*. Mémoire, Université Paris IX Dauphine, 3ème cycle 1982. (C.E.R.I. 1129). CNAM - STS - Paris.

Danila, N. *Stratégies technologiques. Méthodes d'évaluation et de sélection des projets de recherche*. FNEGE - IDMP juin 1983, Paris.

Deltour, J.E. *La méthode Elf III de sélection des projets de recherche scientifique et technique.* Déc. 1970. (C.E.R.I. D 688) CNAM - STS - Paris.

Dobrov, G.M. *Forecasting Science and Technology.* Nauka Publishers, Moscou, 1977.

Fischer, M. Toward a mathematical theory of relevance trees. *Technological Forecasting*, vol. 2, nº 4, Spring 1970, p. 381-408.

Gerardin, L. Arbres de pertinence — Séminaire Long Range Planning. (C.E.R.I. C3E - 25 mai 1970). CNAM - STS - Paris.

Gerardin, L. *Les tableaux multicritères, les arbres de pertinence - définitions - utilisations - exercices.* Thomson - C.S.F., Nov. 1971. (C.E.R.I. D1094) CNAM - STS - Paris.

Glushkov, V.M. Forecasting on the basis of expert judgement. *Kibernetika*, nº 2, 1969.

Hubert, J.M. Project selection - R&D and the company's requirements. R&D study group of the operations research society. London 26 février 1970, 9 p. CNAM - STS - Paris.

Hubert, J.M. R&D and the company requirements. In : *R&D Management*, vol. 1, nº 1, oct. 1970.

Moore, J.; Baker, N. An analytical approach to scoring model design: application to research and development project selection. Stanford University TIMS Meeting 1969. In : *IEEE*, vol. EL-16, nº 3.

Morgenstern, O.; Shephard, R.W.; and Grabowski, H. A graph model for research management. In : *Research Program Effectiveness, Proceedings of the Conference Sponsored by the Office of Naval Research, Washington, D.C. juillet 27-29, 1965*, p. 187-215. (C.E.R.I. 322) CNAM - STS - Paris.

Sheppard, W. Relevance trees in research planning. Technological Forecasting Seminar, Battelle Seattle Research Center. 5-7 nov. 1969. In : *Technological Forecasting*, nº 4, printemps 1970.

Saint-Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques. Sélection des projets et méthodes de prévision.* Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

USSR State Committee for Science and Technology. *Methodics of Programme Forecasting Science and Technology Development*, Moscou, 1971.

Méthode Pattern

Alderson, R.C.; Sproull, W.C. Requirement analysis need forecasting and technological planning using the Honeywell Pattern technique. *Technological Forecasting*, vol. 3, nº 2, 1972, p. 255.

Churchmann, C.W. *Introduction to Operations Research.* John Wiley and Sons, New York, 1957.

Esch, Maurice E. Planning assistance through technical evaluation of relevance numbers. First presented to the Industrial Research Institute. Meeting in Denver, Colorado, 13-15 oct. Dans : Arnfield, R.V. (dir. publ.). *Technological Forecasting*, Edingburgh University Press, 1969, p. 197.

Esch, Maurice E. Planning assistance through technical evaluation of relevance numbers. Présenté à la Second Annual Technology and Management Conference. New York, 1968. C.E.R.I. CNAM - STS - Paris.

Fischer, M. Toward a mathematical theory of relevance trees. Technological Forecasting Seminar, Battelle Seattle Research Center. 5-7 nov. 1969. *Technological Forecasting*, vol. 1, nº 4, printemps 1970.

Jestice, Aaron L. Project pattern, planning assistance through technical evaluation of relevance numbers. Exposé présenté à la Joint National Meeting Operations Research Society of America and at the Institute of Management Sciences, Minneapolis, Minnesota, 7-9 oct. 1964. Pamphlet Honeywell Inc., Washington D.C. 25 p.

Klass, Ph. J. Part I: New Approach Pinpoints Vital R&D Needs. *Aviation Week and Space Technology*, 28 déc. 1964. Part II: Rating System Gives Planning Priorities. *Aviation Week and Space Technology*, 4 janv. 1965.

Larsen, Finn J. *Long Range Programming at Honeywell.* Doc DAS/RS/65-121. Conférence américaine du Nord Europe sur l'administration de la recherche. Monte-Carlo 22-24 févr. 1965, OCDE, Paris, 28 juin 1965.

Menthon, C. de. Pattern et la prévision technologique. *Revue française du marketing (ADETEM)*, Cahier 35, 2ème trimestre 1970, p. 29-48. Paris.

Sigford, J.V.; Parvin, R.M. Project Pattern; a methodology for determining relevance in complex decision making. *IEEE*, vol. EM-12, nº 1, mars 1965, p. 9-13. (IEEE : Institute of Eletrical and Electronics Engineers)

SINCRO - Séminaire sur la méthode Pattern (avril 1968), Paris. (C.E.R.I.) CNAM - STS - Paris.

Swager, William. Technological forecasting and practical business. Plans for petroleum management, Battele, Memorial Institute, Colombus, Ohio, 18 nov. 1965, 18 p. Publié dans *Petroleum Management.* (C.E.R.I.) CNAM - STS - Paris.

Méthode CPE

Albertin, d'. Les militaires et la programmation de la recherche. *Atomes*, juillet/août 1968, p. 444-445, Paris.

Bourbon, M. Des graphes d'appui et de notation militaire à l'arbre de pertinence des entreprises. Séminaire Long Range Planning. (C.E.R.I./C.3.E - Avril 1969) CNAM - STS - Paris.

Chave (Comandant). Compléments à la méthode d'orientation des programmes de recherche. Séminaire Long Range Planning. (C.E.R.I./C.3.E. 17 mars 1969) CNAM - STS - Paris.

Estoile, Hugues de l'. L'élaboration des programmes de recherche scientifique et technique au Ministère des armées. *Cahier du G.R.D.*, nº 1, janv. 1964. CNAM - STS - Paris.

Estoile, Hugues de l'. La programmation de la recherche appliquée. Méthodes et critères. *Le Progrès scientifique*, nº 108, mai 1967, Paris.

Estoile, Hugues de l'. La programmation de la recherche appliquée. *Le Progrès scientifique.* nº 118, avril 1968, p. 8-50, Paris.

Estoile, Hugues de l'. La programmation de la R&D au niveau d'un département ministériel ou d'une grande firme. *Cahier du G.R.D.*, nº 9, 1968, CNAM - STS - Paris.

Méthode CAEM

Methodics of Joint Forecasting Science and Technology Development by the Interested CMEA Member-Countries, International Center of Scientific and Technical Information, Moscou, 1975.

Fiche a 9

Extrapolation de la tendance et courbes enveloppes

I. Méthodes

1. Extrapolation de la tendance de développement de la R&D

Le principe de cette méthode est simple : à partir de statistiques rassemblées sur les « moyens de la R&D », on déduit une loi qui va servir aux prévisions.
En pratique, il est préférable d'avoir recours à une loi linéaire pour chaque catégorie de moyens de la R&D (financements et personnels et, dans une mesure plus difficile à quantifier, équipements/bâtiments/terrains et informations).
En effet, l'équation des droites sera alors obtenue par la formule de régression linéaire.

$$y - \bar{y} = \frac{\text{cov } xy}{\sigma_x^2} (x - \bar{x})$$

(x pouvant représenter la variable temps; $\bar{y}$ et $\bar{y}$ sont les moyennes de x et y; σ_x^2 la variance de x; cov xy, la covariance de x et y).

Ceci n'élimine nullement les problèmes de croissance non-linéaires, cependant il suffit alors d'avoir recours à :
du papier semi-logarithmique pour les fonctions du type $y = a \log x + b$, et $y = K a^x$;
du papier log-log pour les fonctions du type $y = a x^p$;
des abaques de Henry, du papier gausso-logarithmique pour les problèmes faisant intervenir les probabilités et en particulier la loi de Gauss.

Mais l'emploi de cette méthode reste conditionné par la vérification des hypothèses suivantes :
Il est nécessaire qu'il n'y ait pas de modification dans l'orientation de la courbure de la tendance (exception faite des phénomènes cycliques).
Il faut s'assurer que l'on opère en « avenir certain », ce qui n'est souvent pas le cas.

Il est primordial de savoir si le phénomène de progrès du système de R&D étudié concerne un « composant » ou une « fonction ». En effet le progrès scientifique et technique peut faire évoluer un système de manière tout à fait différente de celle que laisserait prévoir l'évolution d'un des composants. Dans ce cas on peut avoir recours à la méthode des courbes enveloppes.

2. Les courbes enveloppes

Ces courbes sont les enveloppes, au sens mathématique du terme, des courbes représentant les évolutions des différents composants de la fonction (composants passés, présents et futurs, c'est-à-dire évolutions observées et extrapolées).

La construction de telles courbes doit tenir compte de différentes contraintes :
Les contraintes absolues, correspondant souvent à des lois physiques agissant comme des contraintes sur les moyens de la R&D (grands principes de la physique, lois démographiques, ressources naturelles limitées, etc.).
Les contraintes relatives correspondant souvent aux contraintes budgétaires de l'État et aux disponibilités et compétences locales des arts et des techniques.
Les contraintes économiques et socio-politiques.

II. Domaine d'application

Le domaine d'application de ces techniques à la R&D est limité, comme on l'a vu, à la prévision des accroissements probables ou souhaités des budgets et des personnels des institutions et laboratoires de recherche.

Les seules contraintes sont constituées par la récolte de statistiques utiles et par la possibilité d'établir une loi (ou des lois dans le cas des courbes enveloppes).

A cela il faut ajouter les contraintes citées précédemment :
pas de modification dans l'orientation de la courbure de la tendance;
toutes choses restent égales par ailleurs.

III. Conditions d'applications

Ces méthodes ne nécessitent guère de compétence particulière, si ce n'est une formation mathématique élémentaire. (Connaissance des problèmes de régression, etc.).
La seule condition est, ici encore, la possibilité d'obtenir des statistiques utiles (et significatives).

IV. Avantages et inconvénients

L'énorme avantage de ces méthodes est leur extrême simplicité.

L'inconvénient important est le fait que les deux conditions citées plus haut ne sont souvent pas satitsfaites (ou plutôt on ne sait pas si elles le sont ou pas).

V. Bibliographie

Références fondamentales

Ayres, R.U. Prévision technologique et planification à long terme. Paris, Hommes et techniques, 1972.
Bright, J.R. Technological Forecasting for Industry and Government. Prentice Hall, 1968. En particulier, cf. p. 57-76 : Lenz, R.C. Forecasts of exploding technologies by trend extrapolation; et p. 77-94 : Ayres, R.U. Enveloppe curve forecasting.
Cetron, M.J. *Technological Forecasting. A Practical Approach.* Gordon and Breach, 1969, p. 92-97 et 100-112.

Fusfeld, A. *A New Technique for Forecasting*. MIT, janv. 1970.

Hobbs, J.A. Trend projection. Dans : Arnfiels, R.V. (dir. publ.). *Technological Forecasting*. Edinburgh University Press, 1969.

Jantsch, E. *La Prévision technologique*. OCDE, 1967.

Lenz, R.C. *Technological Forecasting*. Juin 1962. (C.E.R.I. D 432). CNAM - STS - Paris.

Martino, J.P. Correlation of technological trends. *Technological Forecasting*, vol. 1, n° 4, printemps 1970, p. 347.

Martino, J.P. *Technological Forecasting for Decisionmaking*. Elsevier, 1972, ch. 5, p. 128-166.

Monographie I.C.I., n° 1 : *Les courbes de tendance. Mathématiques et statistiques pour l'industrie*. Entreprise moderne d'édition, 1970.

Applications

Leeth, G.C. *Energy Conversion Devices for Ground Transportation*. (Prevision de 1975 à 1990). (C.E.R.I. D867). CNAM - STS - Paris.

Lenz, R.C. *Practical Application of Technical Trend Forecasting*. NATO, nov. 1968. (C.E.R.I. D 865) CNAM - STS - Paris.

Bright, J. *Technological Forecasting for Industry and Government*. Prentice Hall, 1968.

Critique de la méthode

Maestre, Claude J. *L'utilisation des méthodes rationnelles dans la politique scientifique gouvernementale*. OCDE, 1970.

Fiche a 10

Les courbes en S et les modèles analogiques

I. Méthodes

Ces méthodes ont essayé de répondre à quelques unes des questions non résolues par l'extrapolation de la tendance : le phénomène de l'inflexion et l'explication par les causes, en particulier.

Pour tenter de classer ces nombreuses méthodes, on peut distinguer par ordre de formalisation mathématique croissant :

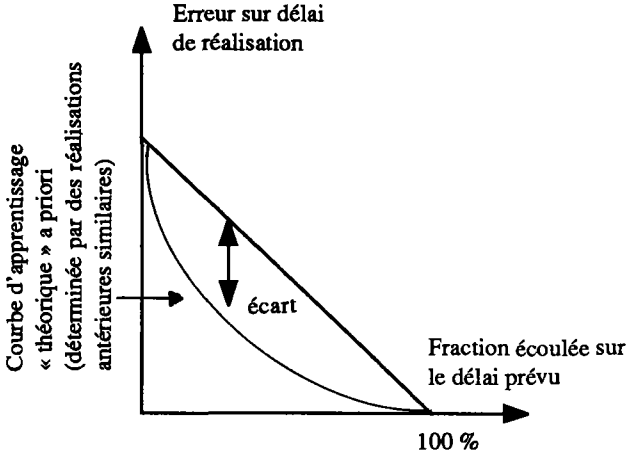
- les méthodes empiriques;
- les méthodes analogiques et les courbes en S;
- les méthodes ayant trait aux modèles phénoménologiques différentiels.

1. Les méthodes empiriques

Ces méthodes concernent par exemple l'analyse des évènements précurseurs, qui permet de passer de l'observation d'un phénomène à la prévision d'un autre.

Dans le même ordre d'idées, l'élaboration de modèles corrélés permet d'expliquer certaines évolutions.

L'un des modèles empiriques le plus utilisés est probablement la courbe d'apprentissage, qui ne concerne qu'une prévision à court terme et limitée exclusivement à l'industrie.


Erreur sur délai de réalisation
Courbe d'apprentissage « théorique » a priori (déterminée par des réalisations antérieures similaires)
écart
Fraction écoulée sur le délai prévu
100 %

2. Les modèles analogiques

Ils se sont développés par le constant appel à d'autres sciences comme la biologie ou la physique. Ils ont permis de mettre en parallèle des phénomènes totalement différents comme la croissance biologique et le phénomène de l'innovation.

Traduites mathématiquement, les analogies biologiques peuvent prendre la forme classique d'un système différentiel de la forme :

$$\frac{dQ_i}{dt} = f_i (Q_1 \ldots Q_n) \text{ pour } i = 1 \ldots n$$

n étant le nombre de variables du système.

Ces variables évoluant toutes vers l'équilibre, c'est à dire :

$$\frac{dQ_i}{dt} = 0$$

Ceci a donné lieu à différentes modélisations comme la logistique de Pearl, le modèle de Gompertz ou encore celui de Von Bertalanffy. Certains modèles de phénomènes dans lesquels interviennent des facteurs limitatifs en fonction du temps ont une représentation graphique en forme de S (courbe dite « logistique ») qui comporte trois phases : expansion, inflexion, saturation; ce fut historiquement le cas pour les dépenses nationales de Recherche-Développement (DNRD) dans la plupart des pays développés entre 1950 et 1970.

3. Les modèles phénoménologiques différentiels

Dans une formalisation encore plus poussée, on a cherché à incorporer au modèle des équations représentant des explications analytiques de l'évolution d'un système.

Hartman a ainsi développé un modèle concernant le développement des connaissances scientifiques nouvelles, et Isenson y a incorporé une équation concernant le nombre de communications possibles entre chercheurs.

Des modèles plus complexes encore furent élaborés, faisant intervenir des probabilités, comme le modèle de Floyd.

II. Domaines d'application

Ces différentes méthodes s'appliquent à des domaines en général très restreints.

En particulier, il est souvent difficile de déterminer des évènements précurseurs. Et, dans tous les cas, ce type de prévision ne s'applique qu'à très court terme.

Seule parmi les méthodes empiriques, la courbe d'apprentissage semble comporter un réel intérêt, et spécialement au niveau du suivi financier des grands programmes de recherche-développement (R&D).

En ce qui concerne les modèles analogiques, soit les analogies sont bien connues, soit il paraît difficile d'en détecter de nouvelles à partir de constatations similaires concernant deux phénomènes dans des domaines très différents.

Enfin les modèles phénoménologiques se sont généralement révélés très décevants.

III. Conditions d'application

L'application de ces méthodes semble ne pas devoir faire appel à des besoins bien spécifiques.

Comme elles sont largement ouvertes sur la créativité, l'ingéniosité, seules ce type de caractéristiques, alliées à une connaissance pluridisciplinaire (économie, mathématiques, biologie, etc.) semble être nécessaire à leur mise en œuvre.

IV. Avantages et inconvénients

L'approche intellectuelle qui caractérise l'ensemble de ces méthodes fait leur force mais également en partie leur faiblesse.

Leur force, car elle repose sur une approche intellectuelle rationnelle cherchant les rapports de causalité, essayant de répondre à des questions soulevées par des méthodes moins sophistiquées.

Leur faiblesse est le risque, pour l'utilisateur, de tomber dans les pièges que pose la formulation mathématique.

Les méthodes fondées sur des modèles phénoménologiques différentiels se distinguent particulièrement de cette façon. En effet, transformer des équations différentielles pour arriver à les intégrer semble bien artificiel surtout quand le problème principal reste la collecte des informations.

Le problème reste entier pour les méthodes analogiques où le principal écueil est constitué par la saisie des données : aussi bien au niveau de l'ensemble des variables qui compose le système qu'au niveau des lois qui régissent leur évolution.

Il y a donc lieu, de manière générale, de ne pas trop porter son attention sur le caractère formel de ces techniques pour n'en retenir que les principes essentiels de description des évolutions des systèmes.

Il n'en est pas moins vrai que certaines d'entre elles peuvent avoir un intérêt marqué. Il s'agit en particulier, comme nous l'avons déjà signalé, de la courbe d'apprentissage, mais également des courbes en S qui, appliquées avec prudence, peuvent se révéler être des méthodes fructueuses.

V. Bibliographie

Ayres, R.U. *Prévision technologique et planification à long terme*. Paris, Hommes et techniques, 1972 (chap. 7).

Bertalanffy, L. Von. *Théorie générale des systèmes*. (traduction de J.B. Chabrol), Dunod, 1973.

Floyd, A.L. A methodolgoy for trend-forecasting of figures of merit. In : *Technological Forecasting for Industry and Government—Methods and Applications*. Prentice Hall, 1968.

Saint-Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques. Sélection de projets et méthodes de prévision*. Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

3. Méthodes d'appui de la programmation de la R&D - Anticipation des percées scientifiques et technologiques

Fiche b 1

Les scénarios

I. Présentation

Il n'existe pas qu'une seule méthode des scénarios. En fait on entend par scénario, la description d'un « futur possible » (en abrégé : « futuribles ») et du cheminement pour y parvenir à partir d'une situation présente.

Les méthodes de scénarios peuvent donc être considérées comme des synthèses, plus ou moins littéraires, plus ou moins formalisées, intégrant divers outils comme l'analyse structurelle, les matrices d'impacts croisés, Delphi, etc.

La méthode présentée ici fait largement appel à l'analyse structurelle et à ses développements (méthode développée au sein de la Société d'économie et de mathématiques appliquées (SEMA) du groupe international METRA).

II. Méthode

Cette méthode se décompose en deux phases essentielles :
la construction de la base : déceler les variables essentielles; analyse des acteurs;
l'élaboration des scénarios : description de l'évolution du phénomène étudié.

1. Construction de la base

Cette première étape consiste en l'application de l'analyse structurelle au système étudié (cf. Analyse structurelle Fiche c 2). Elle aboutit donc en une typologie des variables :
- variables motrices
- variables relais
- variables dépendantes
- variables autonomes

L'analyse de la stratégie des acteurs s'effectue alors à partir d'un tableau acteurs/acteurs qui décrit:
les finalités et objectifs des acteurs identifiés par la démarche précédente;
les moyens d'action d'un acteur sur un autre dans le reste du tableau (voir notamment Godet).

2. Élaboration des scénarios

A ce niveau il est nécessaire d'élaborer des hypothèses concernant certains domaines déterminants pour l'avenir (par exemple dans la réflexion qui préside au choix de plusieurs programmes ou projets de recherche simultanés) et qui sont incertains. Soit N le nombre de ces hypothèses avec pour chacune d'elles la possibilité d'entreprendre ou d'abandonner. On aura donc 2^N situations possibles selon que chaque hypothèse sera vérifiée ou non à l'horizon final.

On procède alors à la consultation d'experts. Cette consultation porte sur les probabilités a priori de réalisation de ces hypothèses. Il est aussi possible, par un programme d'optimisation quadratique (ajustement par la méthode des moindres carrés comme dans la méthode SMIC de Godet), d'attribuer une probabilité de réalisation aux situations possibles dans l'avenir (ou images finales).

Quelle que soit la technique employée, mathématique ou non, on retiendra une image finale de référence (forte moyenne de probabilité) et des images contrastées.

A partir de là, commence l'élaboration proprement dite des scénarios, qui consiste à décrire l'évolution conduisant de la situation actuelle aux images finales retenues. Ceci s'effectue en faisant jouer les mécanismes d'évolution compatibles avec les jeux d'hypothèses retenues.

On complète enfin les scénarios par une description détaillée des images finales.

III. Domaines d'application

Les méthodes des scénarios s'appliquent à tous les domaines influencés par des changements politiques, économiques ou technologiques rapides.

Elles permettent ainsi d'anticiper des conséquences, favorables ou non, et d'y adapter les orientations prises antérieurement.

Ce type d'analyse ne peut cependant s'appliquer qu'à une échelle minimum. En effet la réflexion est plus macro-économique que microéconomique. Ainsi on peut l'intégrer dans une réflexion à un niveau international, national, voire régional.

IV. Conditions d'application

Quelle que soit la méthode utilisée, l'intervention d'experts semble nécessaire pour mettre en œuvre ces techniques. En effet, il est indispensable de dominer parfaitement la méthode adoptée, si l'on ne veut pas dériver vers une forme romancée d'anticipation.

V. Avantages et inconvénients

Les méthodes de scénarios, mais plus généralement l'ensemble des méthodes de prospective, ont pallié un certain nombre d'inconvénients de la prévision classique, en permettant de prendre en compte la montée des incertitudes, des risques de ruptures de tendances, à long ou à court terme, etc.

Mais pour cela, il a fallu établir des méthodes parfois très lourdes, nécessitant une information importante et dont les conclusions ne sont pas toujours faciles à saisir.

VI. Bibliographie

Ayres, Robert R. *Prévision technologique et planification à long terme.* Paris, Hommes et techniques, 1972.

Bright, James R. *Technological Forecasting for Industry and Government.* Prentice Hall, 1968. En particulier : p. 208-233 « Le concept des éventualités multiples ».

Coady, S.K.; Johnson, G.P., Johnson, J.M. Effectively conveying results : a key to the usefulness of technology assessment. *First International Congress on Technology Assessment. La Haye, 31 mai 1973.* (C.E.R.I. D 1223) CNAM - STS - Paris.

Cole, A.; Freeman, C.; Jahoda, M.; Pavitt, R. *Anti-Malthus.* Seuil, 1974.

Gardner, M. *La magie des paradoxes.* Pour la science - Belin, 1980, Paris.

Gerardin, L. *Une méthode objective de prospective; les scénarios des futurs possibles.* Groupe d'études prospectives, Thomson - CSF, 1971. (C.E.R.I. D 831) CNAM - STS - Paris.

Godet, M. *Crise de la prévision, essor de la prospective.* Paris, PUF, 1977. (traduit en américain chez Pergamon, 1979.)

Godet, M. *Analyse structurelle et méthode des scénarios : des outils pour le plan bleu.* CESTA - Sophia Antipolis - mai 1983. CNAM - STS - Paris.

Jantsch, E. *La prévision technologique.* OCDE, 1967. En particulier : p. 201-203.

——. *Prospective et politique.* OCDE, 1969.

Johnson, J.; Linsley, R. *Planner Education and the Simulation Game.* (C.E.R.I. D 1220) CNAM - STS - Paris.

Julien, P.A.; Lamonde, P.; Latouche, D. *La méthode des scénarios. Une réflexion sur la démarche et la théorie de la prospective.* Paris, Documentation française, juin 1975. (Collection travaux et recherches de prospectives.)

Publications IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), 2361 Laxenburg, Autriche.

SEMA - Prospective. *Prospective et aide à la décision.* Paris, SEMA, 1979.

Application

ABT Associates. *Techplan Exercice,* 1969. (C.E.R.I. D 852) CNAM - STS - Paris.

ABT, C.B. *Serious Games,* New York, Vicking, 1970.

Deleage, J. *Scénario tendanciel de l'industrie française en 1985.* Commissariat général du Plan, sept. 1970. (C.E.R.I. 816) CNAM - STS - Paris.

Foster, R.M.; Rea, R.H. An integrated technological forecasting and R&D planning system. *Futures,* sept. 1970, p. 231.

Glowinski, R. Des scénarios pour l'an 2000. *Revue française de télécommunications,* n° 34 et *Futuribles,* 1980, Paris.

Kahn, H. *L'an 2000.* MacMillan, 1967.

D.A.T.A.R. *Une image de la France en l'an 2000. Scénario de l'inacceptale.* Documentation française, juillet 1971. (Collection Travaux et recherches de prospective, n° 20).

D.A.T.A.R. *Schéma général d'aménagement de la France. Scénario d'aménagement du territoire.* Essais méthodologiques. Documentation française, janv. 1971. (Collection Travaux et recherches de prospective, n° 12).

Prud'Homme, R.; Brunetière, J. de la; Dupuy, G. *Les jeux de simulation urbanistique; présentation et analyse des simulations jouées de la ville.* Paris, TEMA-éditions, 1972.

Fiche b 2

La méthode Delphi

I. Méthode

La méthode Delphi, probablement l'une des méthodes de prévision scientifique technologique les plus employées actuellement, se décompose en trois phases :
- constitution d'un groupe d'experts;
- élaboration d'un questionnaire;
- déroulement de la consultation.

1. Constitution d'un groupe d'experts

Il est souhaitable, quel que soit le sujet traité, de trouver jusqu'à 100 à 150 experts qui seront si possible des « hommes d'avenir, orientés vers le futur ». On devra de plus dans la mesure du possible, s'assurer de l'indépendance de ceux-ci.

Le principe de la méthode consiste alors à adresser, la plupart du temps par voie postale, un questionnaire à ces experts.

2. Élaboration d'un questionnaire

C'est une étape importante. En effet il est nécessaire de :
construire des questions précises et d'une certaine manière quantifiables;
d'éviter toute redondance et dépendance entre les questions.

Ceci est d'autant plus difficile à réaliser que le sujet traité est précis.

3. Déroulement de la consultation

Elle se déroule en plusieurs étapes :
envoi d'un premier questionnaire;
dépouillement du premier questionnaire et envoi d'un second questionnaire.

Il s'agit ici du même questionnaire enrichi d'informations sur le dépouillement du premier :
Médiane des avis, espace interquartile (EIQ). Il y aura lieu de demander à cette étape les raisons pour lesquelles un expert se cantonne en dehors de l'espace interquartile.
Dépouillement du second questionnaire et envoi d'un troisième questionnaire. A la nouvelle médiane et au nouvel EIQ, on ajoutera ici les arguments principaux avancés par les experts se situant en dehors de l'EIQ précédent.
Dépouillement du troisième questionnaire et envoi d'un quatrième questionnaire qui comportera les éléments de réponses dégagés par le troisième questionnaire.
Dépouillement du quatrième questionnaire.

Cette méthode a donc pour but une convergence des avis, une réduction de l'EIQ des réponses.

II. Domaines d'application

Cette méthode s'applique à tous les domaines de la prévision scientifique et technologique :
- études à but normatif ou exploratoires;
- études générales ou sectorielles.

Elle peut donc constituer la première étape d'une démarche consistant à connaître l'évolution d'un secteur, afin de pouvoir programmer des recherches scientifiques et technologiques.

Notons qu'il existe un grand nombre d'applications de cette méthode ainsi que des généralisations qui peuvent pallier, au moins en partie, ses inconvénients (méthode Probe, Soon, etc.).

III. Conditions d'application

Cette méthode ne nécessite guère de compétences particulières si ce n'est de savoir exploiter statistiquement des résultats.

Il est par contre nécessaire de trouver un certain nombre d'experts de manière à pouvoir traiter au moins une trentaine de réponses, ce qui représente le minimum pour un échantillon statistiquement représentatif des avis.

Il sera donc souvent nécessaire d'envisager un dédommagement des experts.

Notons qu'il existe des méthodes plus rapides que celle consistant à faire appel à la voie postale :
La méthode mini-delphi qui consiste à effectuer le même travail par interrogations téléphoniques (questionnaires restreints);
La possibilité de traiter le problème sur ordinateur en temps réel (programme Joss cité dans Bright).

IV. Avantages et inconvénients

L'avantage immédiat de cette méthode est sa simplicité. Néanmoins, si elle répond assez bien à la notion d'occurence, elle répond fort mal aux notions de pertinence et de faisabilité, notions souvent nécessaires à l'accomplissement d'un plan à long terme.

C'est cet inconvénient majeur que tentent de pallier certaines techniques dérivées du type Soon ou Probe. Ces techniques permettent de mieux intégrer la méthode Delphi dans l'aide à la décision.

V. Bibliographie

Ouvrages généraux

Arnfield, R.V. (dir. publ.). *Technological Forecasting*. Edinburgh University Press, 1969. Voir en particulier : Mandanis, G.P. The future of the Delphi technique, partie II. p. 159-169. Sulc, O. Forecasting in interactions between technical and social changes, partie II, p. 170-177.

Ayres, R.U. *Prévision technologique et planification à long terme*. Paris, Hommes et techniques, 1972.

Bright, J.R. (dir. publ.). *Technological Forecasting for Industry and Government. Methods and Applications*. Prentice Hall, 1968. Voir en particulier : Helmer, O. Analysis of the future: the Delphi method, partie II, p. 116-122. Helmer, O. The Delphi method: an illustration, partie II, p. 123-133. Gordon, T.J. New approaches to Delphi, partie II, p. 134-143. North, H.Q. & Pyke, D.L. Technology, the chicken; corporate goals, the egg, partie V, p. 412-425.

Cetron, M.J. *Technological Forecasting. A Practical Approach*. Gordon and Breach, 1969. ch. VII. The Delphi methodology, p. 145-160.

Kendall, J.W. Variations of Delphi. *Technological Forecasting*, vol. II, 1978.

Linstone, H.A.; Turdff, M. (dirs. publ.), *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley, 1975.

Technological Forecasting and Social Change, vol. 7, n° 2, 1975. Ensemble du numéro consacré à la méthode Delphi.

Documents spécialisés

Bender, A.D.; Strack, A.C.; Ebright, G.W.; Von Haunalter, G. *A Delphic Study of the Future of Medicine*. Research and Development Division. Marketing Division, Smith, Kline and French Laboratories, Philadelphia (Pa.), janv. 1969. (C.E.R.I. D 1188) CNAM - STS - Paris.

Brown, B.B. *Delphi Process: a Methodology Used for the Elicitation of Opinions of Experts*. Rand Corporation, sept. 1968. (C.E.R.I.) CNAM - STS - Paris.

Brown, B.B.; Helmer, O. *Improving the Reliability of Estimates Obtained from a Consensus of Experts*. The Rand Corporation, 1964. (C.E.R.I.) CNAM - STS - Paris.

Brown, B.B.; Cochran, S.; Dalkey, N. *The Delphi Method II: Structure of Experiments*. The Rand Corporation, RM 5959-PR, juin 1969. (C.E.R.I. D 1042) CNAM - STS - Paris.

Dalkey, N.C. *The Delphi Method: an Experimental Study of group Opinion*. The Rand Corporation, RM 5888-PR, juin 1969. (C.E.R.I. D 1041). CNAM - STS - Paris.

Dalkey, N.C.; Brown, B.; Cochran, S. *The Delphi Method III: Use of Self-Ratings to Improve Group Estimates*. The Rand Corporation, RM 6115-PR, nov. 1969. (C.E.R.I. D 1040) CNAM - STS - Paris.

Dean, B.V.; Levary, R.; Skolnik, L. A method for use in technology transfer among industrialized countries. *IEEE*, vol. EM 26, no 2, mai 1979.

Dalkey, N.C.; Brown, B.; Cochran, S. *The Delphi Method IV: Effect of Percentile Feedback and Feed-In of Relevant Facts*. The Rand Corporation, RM-6118-PR, mars 1970.

Derian, J.C.; Morize, F. *Perspectives médicales et économiques du cœur artificiel : exemple d'approche méthodologique d'un projet R.D. par l'utilisation de la technique Delphi*. Doctorat 3è cycle, économie de la recherche et du développement. Paris VI Panthéon-Sorbonne, déc. 1972. (C.E.R.I. 1186). CNAM - STS - Paris.

Durand, R. Méthode Delphi et prospective de l'hydrogène. *METRA*, vol. XIV, n° 4, 1975, p. 617-634.

Gordon, T.J.; and Helmer, O. Prospective à long terme. Bulletin SEDEIS, n° 913, supplément à *Futuribles*, n° 88, 10 mars 1965, Paris.

Helmer, O. *Social Technology*. Basic Books, Inc. New York, 1966. (C.E.R.I. 320).

Helmer, O.; Rescher, H. *On the Epistemology of the Inexact Sciences*. The Rand Corporation R-353, fevr. 1959, et *Management Science*, vol. 6, 1969, p. 25-52.

Jantsch, E. *La prévision technologique*. OCDE, 1967.

Johnson, G.P. Some possible change in future social values and priorities: strategic implications for water resources planning. *International Symposium on Uncertainties in Hydrologic and Water Ressource Systems*. (C.E.R.I. 1222) CNAM - STS - Paris.

Rohatgi, K.; Rohatgi, P. Delphi as a tool for identifying future appropriate technologies in India. *Technological Forecasting*, vol. 14, n° 1, juin 1979.

Ribak, Ph. *Analyse et exploitation d'un Delphi : place de l'hydrogène dans le système énergétique futur*. Mémoire de D.E.A., 3e cycle d'économie de la recherche-développement. Institut national de S & T nucléaires (CEA), sept. 1974, Paris.

Unesco. *Enquête Delphi sur les possibilités de développement technologique en Afrique*. Document CASTAFRICA I/ Ref. 2, Paris, 1974. Première application internationale de la méthode Delphi à une région entière, accompagnée d'une description complète et détaillée de la méthodologie utilisée.

Woods, R.G.; Becker, H.S.; Johnson, G.P. *Report of Delphic Inquiry into the Future of American Water Resource Utilisation and Development*. Office of Applied Social Science and the Future. University of Minnesota, Minneapolis, janv. 1973.

Fiche b 3

Les matrices d'interdépendance (matrices d'impacts croisés)

I. Méthode

Cette méthode est une amélioration de la méthode Delphi. Elle prend en compte la non indépendance des questions d'une enquête en introduisant des relations de renforcement ou d'affaiblissement entre questions, qui modifient le sens des résultats obtenus en fin de consultation.

Ainsi il est demandé aux experts, outre l'estimation moyenne de la date de réalisation posée habituellement :

La date de réalisation à un seuil de probabilité donné (par exemple 10%);

La probabilité de réalisation à une date donnée;

Une mesure des interdépendances existant entre les questions. Ces interdépendances (mesurées de 0 à 10) sont mises sous la forme d'une matrice dont la diagonale est bien entendue vide.

La méthode des impacts croisés consiste alors à transformer les probabilités (à une date donnée *a priori* (indication des experts) en des probabilités *a posteriori* par une simulation de type stochastique (méthode de Monte Carlo).

Ainsi on emploie des formules du type :

$$P_j^i = P_j^0 \times f^2 \text{ (aij, dij)}$$

ainsi qu'une table de tirages au hasard construite en fonction des probabilités indiquées.

P_j^i est la probabilité de l'évènement j après l'apparition de l'évènement i;

P_j^0 est la probabilité de l'évènement j *a priori;*

f^2 (aij, dij) est une fonction quadratique de aij et dij;

aij représente les coefficients de la matrice d'interdépendance;

dij représente les décalages entre les distributions supposées des évènements.

Les valeurs P_j^1 sont alors réintroduites comme probabilités à priori et le processus est itéré jusqu'à obtention de résultats stables. Ceci est effectué sur ordinateur (parfois jusqu'à un millier de fois). On obtient alors les probabilités *a posteriori.*

Des étapes ultérieures de la méthode consistent à :

- mesurer la sensibilité des résultats à une modification des probabilités *à priori;*
- à obtenir une matrice de facteurs de sensibilité.

Notons que cette méthode peut être appliquée par une autre procédure qui consiste à considérer les indications de dépendances comme des coefficients de corrélation à priori (en divisant par 10).

II. Domaines d'application

Étant donné l'objet de cette méthode, les domaines d'application sont bien entendu identiques à ceux de la méthode Delphi.

III. Conditions d'application

Contrairement à la méthode Delphi, ce type de méthode nécessite absolument un traitement informatique (parfois important) et de bonnes connaissances en statistiques et théorie des probabilités.

IV. Avantages et inconvénients

Des critiques peuvent être adressées à ce genre d'analyse : subjectivisme des experts, technocratie des opérateurs, rigidité des procédures de calcul, non-exhaustivité des liaisons étudiées, etc.

Toutes ces raisons sont valables, mais restent souvent académiques, alors que les modèles, développés par ce type de méthode, deviennent opérationnels et ont des conséquences pratiques dans le domaine de l'aide à la décision.

En fait, proches de la pensée systématique, les matrices d'interdépendance présentent le grand avantage d'avoir fait évoluer la prévision vers la perception du devenir d'un ensemble de problèmes en relations, dépassant ainsi les évaluations ponctuelles, isolées, traditionnelles.

V. Bibliographie

Antle, L.; Johnson, G. Integration of policy simulation, decision analysis and information systems: implications of energy conservation and fuel substitution measures on inland waterway traffic. *Computer Science and Statistics. 7th Annual Symposium on the Interface.* Iowa State University, 18 oct. 1973.

Bestuzhev-Lada, I.V. *Handbook of Forecasting.* Moscou, Mysl' Publishers, 1982.

Duperrin, J.C.; Godet, M. *Méthode de hiérarchisation des éléments d'un système. Essai de prospective de l'énergie nucléaire dans son contexte sociétal.* C.E.A., R 4541, 1973, Paris.

Gordon, T.J. Cross-Impact Matrices. An illustration of their use for policy analysis. *Futures,* vol. 1, n° 6, déc. 1969, p. 527-531.

Gordon, T.J.; Becker, H.S. Utilisation of cross impact in technology assessment. Dans : Cetron, M.J.; Bartocha, B. (dirs. publ.), *Technology Assessment in a Dynamic Environment.* Gordon and Breach, 1973.

Gordon, T.J.; Hayward, H. Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting. *Futures,* vol. 1, n° 2, déc. 1968, p. 100.

Gordon, T.J.; Bochberg, R.; Enzer, S. *Research on Cross-Impact Techniques with Applications to Selected Problems in Economics, Political Science and Technology Assessment.* IFF, T-12, The Institute of the Future, août 1970.

Johnson, H. Some computational aspects of cross-impact matrix forecasting. *Futures,* vol. 2, n° 2, juin 1970, p. 123-131.

Rochberg, R. Convergence and variability because of random numbers in cross-impact method. *Futures,* vol. 2, n° 3, sept. 1970, p. 276-278.

Unesco. *Méthode de détermination des priorités dans le domaine de la science et de la technologie.* Études et documents de politique scientifique, n° 40, Paris, Unesco, 1977.

Fiche b 4

L'analyse morphologique

I. Méthodes

L'analyse morphologique occupe une place à part au sein des méthodes de prévision scientifique/technologique.

Orientée directement vers la découverte ou l'invention, cette méthode ne cherche pas à discerner les évolutions d'un système mais à imaginer un évènement jusque là inconnu : le temps n'entre donc pas dans l'analyse.

Cette analyse s'effectue en deux étapes. Dans un premier temps le système étudié est décomposé en un ensemble de niveaux de connaissances (science) ou de fonctions (technologie). Dans un deuxième temps sont explicitées toutes les solutions, les modalités, possibles pour chaque niveau. On obtient ainsi un arbre dont chaque chemin (passant par une modalité de chaque niveau) représente une solution imaginable.

Une solution connue d'un système scientifique ou technologique donné est donc représentée par un chemin. Il est alors possible d'imaginer de nouvelles solutions « pas trop éloignées » en modifiant la modalité d'un niveau. On dira que cette solution est à une « distance morphologique » d'une unité de la précédente, etc.

II. Domaine d'application

L'exhaustivité est impérative. Ceci incline à considérer l'analyse morphologique comme une technique réservée aux « génies ». Néanmoins, cette technique peut constituer un excellent moyen de synthétiser les idées d'un groupe de travail au cours d'une séance de « brainstorming », par exemple.

III. Conditions d'application

Comme nous l'avons souligné, l'exhaustivité est nécessaire et il n'est pas rare de voir des systèmes contenant plusieurs milliers, voire plus, de possibilités. Dans les cas de grande ampleur l'ordinateur est absolument nécessaire.

D'autre part la mise au point de cette méthode est ardue, et même ingrate. Afin d'examiner les problèmes les uns après les autres, il est recommandé d'étudier les relations existant entre modalités de différents niveaux. Cette approche s'effectue au moyen de « diagrammes morphologiques ». Combler les cases de ces diagrammes devient un outil de créativité précieux.

IV. Avantages et inconvénients

La grande originalité des travaux morphologiques réside dans la démarche inductive qu'elle suppose. Ils constituent des points de départ d'un processus d'études générales et non un aboutissement de réflexions et d'analyses déductives et interprétatives. De plus l'analyse morphologique permet de rendre systématique un raisonnement de type créatif.

Par contre l'exhaustivité, nécessaire, représente certainement un inconvénient majeur de la méthode ainsi que le choix de la finesse de la décomposition.

Enfin une telle méthode ne peut s'appliquer, que dans des situations relativement précises où la connaissance du système est déjà très développée.

V. Bibliographie

Documents principaux

Ayres, R. *Prévision technologique et planification à long terme*. Paris, Hommes et techniques, 1972, chapitre 5.

Bridgewater, A.U. Morphological methods, principles and practice. Dans : Arnfield, R.V. (dir. publ.), *Technological Forecasting*. Edinburgh University Press, 1969, p. 211.

Gerardin, L. *L'analyse morphologique, une aide à la créativité*. Thomson C.S.F., nov. 1971. (C.E.R.I. D 827) CNAM - STS - Paris.

Jantsch, E. *La prévision technologique*. Paris, OCDE, 1967.

Martino, J.P. *Technological Forecasting for Decision Making*. American Elsevier Publishing Cy, 1972.

Documents complémentaires

Buttner, F.H.; Cheaney, E.S. An integrated model of technological change. Dans : Bright, J.R. (dir. publ.). *Technological Forecasting for Industry and Government*. Prentice Hall, 1968, p. 183.

Foster, R.; Leonard, D.; Rea, R. *A scenario generating technology*. Rapport ABT Associates, Cambridge (Massachusetts), 11 juin 1970. CNAM - STS - Paris.

Hawthorne, H.P.; Wills, R.I. Forecasting the market for certain machines. Dans : Arnfield, R.V. (dir. publ.). *Technological Forecasting*. Edinburgh University Press, 1969, p. 241.

Maestre, C. *L'utilisation des méthodes rationnelles dans la politique scientifique gouvernementale*. OCDE, 1970, p. 45-46.

Medford, R.D. Some remarks on the application of technological forecasting. Dans : Arnfield, R.V. (dir. publ.). *Technological Forecasting*. Edinburgh University Press, 1969, p. 267.

Rosen, S. *A Survey and Preliminary Assessment of Technological Forecasting and Planning Methodologies*. Hudson Institute, avril 1970, p. 27-29.

Wills, R.J.; Hawthorne, E.P. Morphological methods applied to metal working processes. Technological forecasting, some techniques. *Symposium at Aston University*, Birmingham, 9-10 sept. 1969.

Zwicky, F. *Discovery, Invention, Research*. The MacMillan Company, 1969.

Zwicky, F. *Morphological Astronomy*. Berlin, Springer Verlag, 1957.

Zwicky, F. *Morphology of Propulsive Power*. Society for Morphological Research, Pasadena (California), 1962. (C.E.R.I. 499) CNAM - STS - Paris.

Zwicky, F. Morphology and nomenclature of jet engines. *Aeronautical Engineering Review*, juin 47.

Zwicky, F. *The Morphological Method of Analysis and Construction*. Interscience Publishers, New York, 1948.

4. Méthodes de programmation fondées sur l'analyse des systèmes constitués par les programmes de R&D et leur environnement

Fiche c 1

L'analyse factorielle des correspondances

I. Méthode

Cette technique ne constitue pas en soi une méthode de sélection ou d'évaluation. Il s'agit plutôt d'une analyse préliminaire orientée vers la définition des critères, des paramètres significatifs qui vont expliquer les principaux caractères de la population de projets de R&D à juger, quels que soient les programmes auxquels ils appartiennent.

Au départ sont effectuées un certain nombre d'observations sur chaque projet.

Si le vecteur x_i représente ces observations suivant le caractère i et que p facteurs indépendants F_j (que l'on cherche) puissent expliquer ces observations, on aura :

$$x_i = \sum_{j=1}^{P} a_{ij} F_j \text{ ou matriciellement } [X] = [M]\,[F]$$

a_{ij} étant le coefficient de saturation du caractère observé dans le facteur F_j.

L'analyse en composantes principales consiste à chercher F qui maximise la variance E ([E], [F]') (Avec [F]' transposée de [F]).

Les vecteurs $\vec{F}$ obtenus de cette manière sont les paramètres les plus significatifs de la dispersion du nuage des projets, et sont représentés par des axes.

La signification de ces axes est parfois difficile à déterminer. Mais il est alors relativement aisé de classer les différents projets suivant ces axes.

Notons que cette méthode permet donc de remplacer un certain nombre d'observations, parfois important, par des paramètres préalablement inconnus et qui renferment une grande partie de l'information (caractérisée par l'inertie). Ces paramètres peuvent être en nombre relativement restreint (inférieur à dix).

Il est ensuite possible de visualiser les différents projets par rapport aux axes dans différents plans.

Mais il peut s'avérer que l'obtention des composantes principales ne suffise pas à expliquer complètement et clairement le problème étudié. Une seconde approche, la recherche des facteurs communs et spécifiques, a l'intérêt de mieux cerner la réalité, en complément de la première approche.

Des regroupements progressifs (classification hiérarchique ascendante) peuvent être effectués pour répartir en grappes cohérentes l'information disponible.

II. Domaines d'application

Comme nous l'avons déjà remarqué, cette méthode s'applique à tout ensemble de projets dont les critères de sélection ne sont pas évidents.

On peut également considérer que les axes factoriels correspondent à des projets cachés, ou projets latents, c'est-à-dire à des projets éventuellement communs à l'ensemble des projets.

Ces « nouveaux » projets semblent d'abord être interprétés comme des combinaisons linéaires des projets à réunir, mais cette conception rigoureusement statistique peut être dépassée en les considérant comme des projets qui peuvent éventuellement correspondre à des idées nouvelles.

Ce type d'analyse peut donc parfaitement constituer un bon outil de créativité.

III. Conditions d'application

Une telle technique passe forcément par l'intermédiaire de moyens informatiques relativement importants (ordinateurs et logiciels) mais de plus en plus disponibles. Il est en fait nécessaire de bien maîtriser une formalisation mathématique relativement poussée ainsi que la connaissance de langages informatiques spécialisés (comme le langage APL).

L'intervention de spécialistes est, de ce fait, nécessaire.

IV. Avantages et inconvénients

Les inconvénients principaux de cette méthode viennent essentiellement de sa complexité : formalisation mathématique très sophistiquée, programmes relativement ardus, etc.

Par contre elle évite le piège de la subjectivité des critères qui sont dans les autres méthodes donnés a priori, sans prendre la précaution, bien souvent, de vérifier leur adéquation au problème posé.

Les critères sont en effet obtenus ici à partir des objets qu'ils sont chargés de juger et non donnés arbitrairement.

Cette approche dans l'espace « projets-critères » est la grande originalité de cette méthdode.

V. Bibliographie

Benzecri, J.P. *L'analyse des données (taxinomie et analyse des correspondances)*. Paris, Dunod, 1979.

Benzecri, J.P. *Pratique de l'analyse des données*. 3 tomes. Paris, Dunod, 1980.

Berline, A.P.; Bordet, J.P.; Kokosowski, A. *Étude sur la compréhension du vocabulaire économique courant chez les élèves des sections B et G des lycées*. Centre d'Étude des Revenus et des Coûts - École nationale supérieure des mines de Paris. (C.E.R.I. D 1224).

Bertier, F.; Donto, J. Programme de structuration des données. SEMA, Direction scientifique. Rapport de recherche n° 52, septembre 1970. (C.E.R.I. D 1163).

Bordet, J.P. *Construction simple d'un arbre binaire à partir d'une analyse de correspondance.* École nationale supérieure des mines de Paris. (C.E.R.I. D 1226).

Bordet, J.P. *Un exemple d'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances.* L'équipement de la région de Lagny. École nationale supérieure des mines de Paris. (C.E.R.I. D 1225).

Cailliez, F.; Pages, J.P. *Introduction à l'analyse des données.* Smash, 1976, Paris.

Composantes de la fonction urbaine. Essai de typologie des villes - Travaux et recherches de prospective, n° 3 - La Documentation française, Paris, 1970.

Emsellem, Y. *Gestion intégrée des ressources en eau. Programme d'études pour le bassin « Adour-Garonne ».* École nationale supérieure des mines de Paris.

Fabre, J.; Morlat, B.; Pages, J.P.; Stemmelen, E. Les structures de l'opinion publique. *Le Progrès technique,* n°s 22 et 24. Association nationale pour la recherche technique (ANRT), 1981, Paris et travaux du groupe AESOP (Association pour l'étude des structures de l'opinion publique).

Fenelon, J.P. *Qu'est-ce que l'analyse des données?* Paris, Lefonen, 1981.

Fontaine, A. *Classification ascendante hiérarchique.* École nationale supérieure des mines de Paris. (C.E.R.I. D 1227) CNAM - STS - Paris.

Labbe, B. L'analyse factorielle.*METRA,* vol. IV, n° 3, 1965, Paris.

Saint-Laurent, B. de. *Introduction à l'analyse factorielle des correspondances.* Paris, Arts et manufactures, 1973.

Fiche c 2

L'analyse structurelle

I. Méthode

L'analyse structurelle vise à identifier les éléments essentiels d'un système à travers leurs interrelations. Celles-ci peuvent former des boucles de réaction entre plusieurs éléments (A → B → C → ... → A). La stabilité de ces boucles constitue une étude particulière mais importante pour simuler le comportement du système. Du point de vue de la programmation on peut donc juger a priori le caractère cohérent ou incohérent de décisions prises simultanément à travers les relations qui vont s'établir entre les conséquences de ces décisions.

D'une manière générale, l'analyse structurelle observe quatre étapes pour mettre en évidence les variables essentielles d'un système :

le recensement des variables (qui énumère les constituants d'un programme de R&D par exemple);

la matrice des relations logiques (qui indique les relations existant entre ces constituants);

la mise en évidence des variables essentielles (à partir desquelles l'ensemble des variables du système est déterminé);

la représentation sur le plan dépendance-motricité (qui montre les hypothèses sur lesquelles repose le système, les résultats auxquels il conduit, l'enjeu ou les enjeux du système et les représentations qu'on peut en faire).

En complément, on peut concevoir certains prolongements tels que certaines actions de synthèse et une éventuelle quantification.

1. Le recensement des variables

Cette première étape consiste à recenser toutes les variables pouvant intervenir dans un problème donné. Cette liste, la plus exhaustive possible, peut comprendre des constituants du problème, des résultats, des critères, etc. Elle peut s'appuyer sur une analyse factorielle (cf. fiche c 1) ou faire l'objet d'une démarche longue et minutieuse.

2. La matrice des relations logiques

Les lignes, ainsi que les colonnes, de cette matrice sont constituées par l'ensemble des variables définies à l'étape précédente et dans lequel on peut séparer les variables internes des variables externes.

Il s'agit alors de remplir la matrice par un signe conventionnel selon que les variables en colonnes influencent ou non les variables en lignes.

On obtient ainsi une matrice non quantitative (de type booléen si le signe est le nombre 1).

3. La mise en évidence des variables essentielles

En faisant la somme de chaque ligne, ainsi que celle de chaque colonne, on obtient un premier classement des variables, selon leur « motricité » dans le premier cas, et leur « dépendance » dans le deuxième.

Il est alors possible, par l'application d'un programme de multiplication booléenne appliqué à la matrice structurelle (programme Mic Mac de Godet), de déterminer des variables essentielles supplémentaires qui n'ont pas une motricité, ou une dépendance, directe.

4. La représentation dans le plan motricité-dépendance

Il s'agit de représenter l'ensemble des variables dans un plan dont les deux axes sont les deux échelles précédemment définies. Il est possible d'effectuer cette représentation soit avec le classement direct, soit avec un classement indirect.

Il est alors possible de déterminer une typologie des variables : les variables maîtresses, les variables de conflits, les faiblesses à surveiller et les faux problèmes (encore appelées respectivement variables motrices, variables relais, variables dépendantes et variables autonomes).

5. La synthèse des actions et orientations décisionnelles

Une étape ultime de l'analyse structurelle consiste à analyser le comportement du système à partir d'une action sur les variables motrices. Or ces dernières peuvent être soit des contraintes, soit des variables décisionnelles.

Il y a donc lieu d'introduire des pronostics sur l'évolution des contraintes ainsi que sur les décisions envisagées.

Cette dernière démarche s'effectue en deux phases :

la construction du graphe représentant les relations entre variables essentielles;

la quantification de ces relations par des équations de la forme $A = f(B)$ où A et B sont deux de ces variables.

Cette dernière étape nécessite parfois un travail assez considérable mais qui peut aider l'élaboration d'un modèle de dynamique de systèmes (cf. fiche c 3).

II. Domaines d'application

Les domaines d'application de l'analyse structurelle sont multiples. Elle peut concerner aussi bien l'élaboration d'un programme général de R&D à un niveau national qu'une réflexion stratégique au niveau d'une institution ou d'une unité de recherche.

De manière générale elle intervient, à divers stades, en amont du processus de décision.

Elle permet par exemple d'aider à fixer les objectifs ainsi que les actions à envisager pour des problèmes souvent posés en termes trop vagues.

Elle peut également permettre à une institution de comprendre son environnement dans le cadre de la détermination d'axes de développement.

Outil d'évaluation, mais également de prévision, l'analyse structurelle se révèle donc être d'un usage précieux dans le domaine de la programmation d'activités scientifiques et technologiques et ceci aussi bien à un niveau politique qu'au niveau d'une direction technique.

III. Conditions d'application

La méthode d'analyse structurelle, comme l'ensemble des méthodes relevant de la théorie des systèmes, est relativement sophistiquée.

Elle implique donc une bonne connaissance des différentes théories mises en jeu (théorie des systèmes, théorie des graphes, analyse matricielle, etc.). L'intervention d'experts se révèlera, de ce fait, souvent indispensable, sans pour autant se substituer aux acteurs principaux du système, dont la participation active reste essentielle.

Dans certains cas des moyens informatiques sont nécessaires au traitement des différentes données. Ce traitement sera facilité par l'accès à des langages spécialisés comme l'APL (multiplication de matrices booléennes). Cependant, l'analyse structurelle peut également fournir des résultats intéressants, sans recours à l'informatique.

IV. Avantages et inconvénients

L'analyse structurelle constitue une bonne approche de tous les caractères des projets (scientifiques, techniques, économiques, sociaux et politiques).

Elle peut parfaitement constituer un excellent apport à des méthodes plus décisionnelles, par exemple de type multicritères. Elle facilite d'ailleurs la première étape de certaines techniques de prévision scientifique ou technologique (scénarios, cf. fiche b 1) ou d'évaluation (dynamique des systèmes, cf. fiche c 3).

Elle permet d'intégrer parfaitement des prévisions extérieures.

Néanmoins il convient d'utiliser cette méthode en gardant présentes à l'esprit les limites de l'analyse :

La première limite provient du caractère subjectif de la liste des variables (c'est pour cela qu'elles doivent être déterminées lentement et avec précaution);

Le choix d'une typologie des relations peut conditionner les résultats;

On ne tient compte que de l'existence ou de la non existence d'une relation (il faut éviter de tomber dans le piège d'une quantification abusive).

De plus l'analyse structurelle nécessite, dans sa phase décisionnelle éventuelle, la connaissance de nombreuses statistiques et études annexes. Dans la pratique on peut observer que seuls des projets de grande ampleur donnent lieu à de telles études.

VI. Bibliographie

Angelin, C. L'analyse structurelle : le cas du vidéotex. *Futuribles*, n° 71, nov. 1983, Paris.

DGRST. Recherche industrielle et analyse de système : de la prévision à la décision. *Le progrès scientifique*, n° 162-163 - Documentation française, 1973, Paris.

Duperrin et Godet. *Méthode de hiérarchisation des éléments d'un système. Essai de prospective du système de l'énergie nucléaire dans son contexte sociétal.* CEA, départment des programmes, 1973, Paris.

Godet, M. Analyse structurelle et méthode des scénarios : des outils pour le plan bleu. *CEST*, mai 1983, Paris.

Godet, M. *Crise de la prévision, essor de la prospective.* Paris, PUF, 1977.

Gonod, P. *Recherche d'une stratégie d'évaluation progressive et de sélection des technologies. Projets pilotes de transfert technologique.* Organisation des États Américains, 1973.

McLean, Shepherd, Curnow. Techniques for analysis of system structure. University of Sussex, Science Policy Research Unit (Occasional paper, Series n° 1), 1976.

Lefebvre. L'analyse structurelle : méthodes et développements. Thèse, Université Paris IX Dauphine, 1982.

OCDE. *Séminaire sur les méthodes d'analyse structurelle : une nouvelle tentative en matière d'analyse de système et ses applications à la gestion du système scientifique et technique.* Direction des affaires scientifiques, octobre 1973.

Ténière-Buchot; Oerlemans. Le modèle Popole. Une tentative d'analyse du système « eau » dans une agence financière de bassin. *Analyse et prévision*, (Paris), tome XV, n°s 2 et 3, 1973.

Saint Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologique.* Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974.

Wanty; Federwish. *Modèles globaux d'économie d'entreprise.* Paris, Dunod, 1969.

Fiche c 3

La dynamique des systèmes

I. Méthode

L'analyse structurelle permettait l'analyse figée dans le temps d'un système. C'est à dire que les relations entre variables s'effectuaient à une vitesse infinie (cf. fiche c 2).
Au contraire, la dynamique des systèmes, qui peut se concevoir comme un prolongement de l'analyse structurelle, permet d'introduire la notion de temps en simulant le comportement du système.

On a alors recours à une formulation qui distingue :
- les variables d'état;
- les flux (de biens, d'ordres, financiers, de personnels, d'information, etc.);
- les fonctions de décision.

Les relations sont généralement décrites par des équations différentielles simples du type :

$$\text{Niv}(K) = \text{Niv}(J) + \Delta T\,[\Sigma F_E(J) - \Sigma F_S(J)]$$

Niveau à l'instant =	Niveau à + Période X	Somme des —	Somme des
K	l'instant	flux entrants	flux sortants
	J antérieur	à l'instant	à l'instant
	à K	J	J

Les résultats sont généralement sous forme de graphiques donnant l'évolution de certaines variables dans le temps.

II. Domaines d'application

L'exemple probablement le plus connu d'utilisation de cette technique fut sans doute celui qui permit au Club de Rome d'élaborer un modèle prospectif mondial tenant compte de grandes variables comme les ressources naturelles, la population, la pollution, etc. Roberts l'a appliquée à la R&D. Plus généralement, cette technique s'applique à tous les domaines auxquels s'applique l'analyse de système, à la restriction près qu'il soit possible de construire une formalisation mathématique relativement poussée des relations entre variables.

III. Conditions d'application

Ce type d'analyse nécessite souvent des moyens informatiques importants. (Par exemple le logiciel Dynamo; voir bibliographie.)

Il est donc nécessaire de pouvoir utiliser un ordinateur puissant et de maîtriser certains langages informatiques spécialisés (comme la langage Dynamo), ainsi que de bonnes notions en automatique, asservissements, etc.

Ceci implique qu'une telle technique ne peut être mise en œuvre que par des spécialistes.

D'autre part cette analyse demande une phase préparatoire longue et difficile de manière à pouvoir aboutir aux équations nécessaires (parfois plusieurs centaines).

IV. Avantages et inconvénients

Comme toutes les méthodes systémiques, la dynamique des systèmes n'est pas une méthode conçue spécifiquement à l'origine pour l'évaluation et la sélection de programmes et projets de R&D. Elle représente néanmoins un intérêt non négligeable quant à la réflexion et l'analyse qu'elle provoque.

Les moyens importants qu'elle nécessite seront souvent un obstacle. Aussi seuls des phénomènes de complexité suffisante tireront avantage à être analysés par cette approche.

Enfin, cette technique suppose connues les valeurs initiales des différents paramètres, ce qui n'est pas toujours le cas.

V. Bibliographie

Études générales

Coyle, R.G. *Management Systems Dynamics.* John Wiley and Sons, 1977.

Forrester, J.W. *Principles of Systems.* Wright Allen Press, 1968.

Forrester, J.W. *Industrial Dynamics.* MIT Press, 1961.

Goodman, M.R. *Study Notes in Systems Dynamics.* Wright Allen Press, 1974.

Popper, J. *La dynamique des systèmes. Principes et applications.* Paris, Les éditions d'organisation, Eyrolles, 1973.

Applications

Cole; Freeman; Jahoda; Pavitt. *Anti-Malthus.* Paris, Seuil, 1974.

Forrester, J.W. *Urban Dynamics.* MIT Press, 1969.

Forrester. *World Dynamics.* Wright Allen Press, 1971.

Freeman, C. Malthus sur ordinateur. *La recherche,* n° 43, 1974.

Kane; Vertinsky; Thomson. KSIM: a methodology for interactive ressource policy simulation. *Water Resource Research,* vol. 9, no 1, 1973.

Karsky, M. *Le système SAMI (Stratégie d'Ardeau Ménagement industriel).* Paris, Société Elf Aquitaine, 1983.

Meadows, D.L. *Dynamics of the Commodity Production Cycle.* MIT Press, 1970.

Meadows, D.L. *Dynamics of Growth in a Finite World.* Wright Allen Press, 1972. (En français : Halte à la croissance ? Fayard, 1972.)

Metayer, G. *Cybernétique et organisations : nouvelles technologies du management.* Paris, Éditions d'organisation, 1970.

Roberts, E.B. *The Dynamics of R&D.* Harper and Row, 1964.

Roberts, E.B. *Managerial Applications of Systems Dynamics.* MIT Press, 1978.

Langages et divers

Pugh, A.L. *Dynamo User's Manual.* MIT Press, 1976.

Roberts, et al. *Introduction to Computer Simulation. The System dynamics Approach.* Addison Wesly Publishing Company, 1982.

Villemot. Dynamine. Manuel d'utilisation. *Journée CERCI, 27 sept. 1973,* Paris. (C.E.R.I.) CNAM - STS - Paris.

Fiche c 4

Les méthodes d'analyse stratégique

I. Méthodes

Très nombreuses et diversifiées, les méthodes d'analyse stratégique peuvent toutefois être regroupées en un seul chapitre car elles observent un certain nombre de principes communs :

Une approche globale des problèmes de la recherche-développement, ce qui constitue un point commun important avec les techniques d'analyse de système précédemment évoquées (fiches c 1 à c 3);

Une grande simplicité conceptuelle, ce qui a beaucoup contribué à leur succès, le nombre de paramètres quantifiés étant très limité (deux à trois, jamais beaucoup plus);

La prise en compte simultanée d'éléments qualitatifs nombreux qui rendent réalistes et vivantes les démonstrations et simulations aux yeux des décideurs (qualité que l'on retrouve de manière analogue dans la technique des scénarios - fiche b 1);

La grande similitude qui existe entre ces approches et les études de marchés et de produits, qui se trouvent ainsi complétées et confortées.

Toute analyse stratégique commence par la segmentation de l'activité de recherche-développement (R&D). On raisonnera ainsi sur des disciplines ou des secteurs de l'activité économique, selon qu'il s'agira de recherche fondamentale orientée ou de recherche appliquée et de développement expérimental.

Une fois cette segmentation effectuée, ce qui n'est souvent pas simple, il est alors possible, par métier, de faire agir un certain nombre de méthodes. Les plus célèbres consistent à analyser les portefeuilles de programmes et de projets des institutions scientifiques. Elle sont généralement conduites à partir de deux critères :

Maturité des connaissances existantes/applicabilité des résultats escomptés;

Avance par rapport à des institutions scientifiques concurrentes/ rapidité d'évolution du secteur de R&D considéré;

Influence stratégique du secteur scientifique et technologique/ position concurrentielle par rapport aux autres compétences disponibles.

Ces réflexions consistent en fait à privilégier certains critères de gestion des programmes de recherche-développement. Sous une présentation différente, de nombreuses analogies peuvent être observées avec les méthodes de sélection simples (fiche a 4).

Très souvent, ces méthodes débouchent sur des tableaux à deux entrées, appelés tableaux stratégiques, sur lesquels on place les différents secteurs économiques d'application des résultats escomptés. Une partition du tableau est alors effectuée et permet de donner aux décideurs des indications sur les stratégies praticables dans chaque discipline des sciences et de la technologie. Il est en particulier possible de déterminer ainsi les disciplines nécessitant un gros effort d'investissement ou un effort important en R&D.

Ces diverses méthodes peuvent avantageusement être précédées d'une approche de type « analyse de la valeur » pour chacun des secteurs socio-économiques considérés. Cette approche consiste à étudier quatre types de valeurs :

la valeur conceptuelle du produit ou du processus liée aux contraintes de base de sa réalisation;

la valeur concrète du produit ou du processus, liée à la mise en service réelle;

la valeur opérationnelle du produit ou du processus, liée à la gestion et au marketing;

la valeur marchande du produit ou du processus qui dépend de la demande finale.

II. Domaines d'application

Ces méthodes s'adressent essentiellement aux Organismes directeurs de la politique scientifique et technologique nationale, et aussi aux grandes institutions scientifiques de l'État ainsi qu'aux grandes entreprises de production publiques ou privées. Cependant, les tentatives d'application aux politiques nationales de R&D n'ont, jusqu'à présent, pas été probantes, le degré de généralité des notions retenues étant trop grand pour autoriser des décisions.

III. Conditions d'application

Bien que ces méthodes paraissent simples, leur mise en œuvre réelle nécessite la réunion de nombreuses données réparties entre des acteurs très différents, sans communication réelle les uns avec les autres. Leur principal avantage est de forcer les acteurs à réunir les informations nécessaires qui n'avaient pu jusqu'alors être obtenues spontanément.

IV. Avantages et inconvénients

Le principal avantage des méthodes d'analyse stratégique est leur simplicité qui les met à la portée de tous les dirigeants et leur permet de prendre rapidement conscience des problèmes et des enjeux.

Leur inconvénient est le complément symétrique de cette caractéristique : une politique fondée sur deux ou trois paramètres chiffrés est forcément schématique et précaire. De plus le grand nombre de détails qualitatifs qui forme le contexte environnant la décision n'est pas immuable et contrôlable longtemps, ce qui oblige à réviser fréquemment les décisions.

V. Bibliographie

Ansoff, J. *Corporate Strategy.* Penguin Books, 1968.

Bayen, M. Méthodes utilisées aux États Unis dans le domaine de la planification et du développement des technologies. Étude CPE n° 12, Ministère de l'industrie et de la recherche, mai 1983.

Boston Consulting Group. *Les mécanismes de la compétitivité.* Paris, Hommes et techniques, 1980.

Closson, J. Maîtrisez vos prix de revient par le « design to cost ». *Sciences et techniques*, n° 81, 1981, Paris.

Godet, M. et al. Numéro spécial de Revue *Futuribles*, n° 72, décembre 1983, Paris.

Jouineau, C. *L'analyse de la valeur et ses nouvelles applications industrielles*. Paris, Entreprise moderne d'édition, 1968.

Levitt, T. *Innovation et marketing*. Paris, Éditions d'Organisation et Havas, 1969.

Litaudon, M. *Tables sur l'analyse de la valeur*. Paris, Éditions d'organisation, 1980.

Mélèze. *La gestion par les systèmes*. Paris, Hommes et techniques, 1968.

Miles, L.D. *L'analyse de la valeur. Réduction scientifique du prix de revient*. Paris, Dunod, 1966.

Stanford Research Institute. *Readings in decisions Analysis*. Melo Park (California), 1977.

Stratégie. Numéro spécial de la *Revue Harvard - L'Expansion*. Groupe Expansion, 1982. Paris.

Ténière-Buchot, P.F. Sur l'analyse de systèmes. *Futuribles*, n° 20, 1979, Paris.

Zviak, Ch. *Recherche et Développement et marketing*. Paris, Eyrolles, 1973.

5. Index alphabétique des auteurs et principaux concepts cités

Cet index renvoie aux bibliographies thématiques qui accompagnent chaque fiche. Le code est le suivant :
a1 : listes de contrôle
a2 : ratios et indices de performance
a3 : méthodes issues de l'actualisation
a4 : méthodes matricielles et méthodes multicritères simples
a5 : méthode du déclassement comparé
a6 : utilité multiattributs
a7 : méthodes de surclassements
a8 : arbres de pertinence
a9 : extrapolation de la tendance et courbes enveloppes
a10 : courbes en S et modèles analogiques

b1 : scénarios
b2 : méthode Delphi
b3 : matrices d'interdépendance, matrices d'impacts croisés
b4 : analyse morphologique

c1 : analyse factorielle des correspondances
c2 : analyse structurelle
c3 : dynamique de systèmes
c4 : analyse stratégique

Il est précédé d'indications générales sur les lectures indispensables concernant le sujet (les méthodes de programmation applicables à la recherche scientifique et technologique et la méthode de recherche de documents). Des indications sont données sur des centres spécialisés où l'on peut les trouver pour la plupart.

5.1 Quelques conseils pour mieux connaître les documents traitant de la programmation des activités scientifiques et techniques

Le nombre de documents se rapportant à ce sujet est important mais pas infini.

La plus grande partie de la littérature est en anglais, ce qui dans la pratique rend la connaissance de cette langue indispensable si l'on tient à progresser rapidement dans le domaine de la programmation de la R&D.

Une bonne clef d'entrée est de s'intéresser aux auteurs. Pour des raisons qui tiennent à la politique suivie par les maisons d'édition, ceux-ci sont amenés à répéter plusieurs fois des développements analogues d'un ouvrage à l'autre. A l'exception de ceux qui veulent se spécialiser sur une technique particulière, cas où il est nécessaire de mesurer les évolutions et les variantes, un ouvrage situé à mi-parcours de l'œuvre complète d'un auteur est assez représentatif de tous les concepts qu'il a étudiés.

Certains ouvrages vieillissent peu et méritent une lecture attentive. On en indique une liste incomplète mais restreinte ci-après, les critères retenus pour les choisir étant leur caractère général d'une part, leur approche théorique et méthodologique d'autre part.

D'autres ouvrages, notamment ceux qui traitent de cas d'application, n'offrent pas les mêmes avantages et correspondent déjà à une démarche plus spécialisée. Dans ce cas, la lecture de revues mensuelles ou trimestrielles s'avère nécessaire sans pour autant être suffisante. Le contact direct avec les auteurs, les instituts spécialisés, les milieux professionnels concernés est le seul moyen véritable pour acquérir l'information utile. Cette approche n'est généralement pas difficile et constitue d'ailleurs la première étape de la démarche d'un professionnel de la programmation.

D'autres ouvrages encore, d'accès plus aisé et destinés au grand public sont un commentaire, ou dans le meilleur des cas tirent une philosophie, des techniques décrites dans le présent rapport. Pour cette raison, ils n'ont pas été retenus parmi les ouvrages généraux, mais figurent dans l'index qui les complète. L'importance de leur tirage les distingue aisément des autres publications; le lecteur de ce rapport les reconnaîtra facilement au passage.

5.2. Quelques ouvrages généraux

Ancelin, C.; Godet, M. *Prospective et prévisions technologiques.* Centre d'étude sur les sciences et techniques avancées. (CESTA), 1983, Paris.

Benzecri, J.P. *L'analyse des données (taxinomie et analyse des correspondances).* Paris, Dunod, 1979.

Bertalanffy, L. von. *Théorie générale des systèmes.* Paris, Dunod, 1973, 295 p.

Bright, James R. *Technological forecasting for industry and government.* London, Prentice-Hall International, 1968, 484 p.

Cetron, M.J. *Technological Forecasting. A Practical Approach.* Gordon and Breach, 1969.

Churchman, C. West. *Qu'est-ce que l'analyse par les systèmes?* Paris, Dunod-Entreprise, (traduit de l'américain par B. et M.-A. Leblanc), 1974, 219 p.

Churchman, C. West. *Éléments de recherche opérationnelle.* Paris, Dunod, 1960.

Danila, N. *Stratégies technologiques. Méthodes d'évaluation et de sélection de projets de recherche.* Paris, FNEGE et IDMP, 1983.

(IDMP : Institut de management public; FNEGE : Fondation nationale pour l'enseignement et la gestion)

Forrester, J.W. *Industrial Dynamics.* MIT Press, 1961, 464 p.

Gaussens, Jacques. *Les décisions en recherche et développement.* Paris, Dunod, 1971, 354 p.

Godet, M. et al. Prospective, prévisions, planification stratégique. Théories, méthodes et applications. *Futuribles,* nos 71 et 72, 1983, Paris.

Idatte, Paul. *La cybernétique.* Paris, Seghers, 1969, 185 p.

Jantsch, E. *La prévision technologique.* Paris, OCDE, 1967, 440 p.

Nadler, Gérald. *La conception des systèmes.* Éditions Vander, Muntstraat, Louvain, Belgique, 1973 (Adaptation française de l'ouvrage Work systems design, Homewood, Irwin, Ill. États-Unis d'Amérique, 1967), 223 p.

Rosnay, Joël de. *Le macroscope.* Paris, Seuil, 1975, 287 p.

Roy, B. *Algèbre moderne et théorie des graphes.* Paris, Dunod, 1969.

Saint-Paul, R.; Ténière-Buchot, P.F. *Innovation et évaluation technologiques. Sélection des projets et méthodes de prévision.* Paris, Entreprise moderne d'édition, 1974, 316 p.

Shils, Edward et al. *Criteria for Scientific Development. Public Policy and National Goals*. London, MIT Press, 1968, 207 p. (particulièrement Weinberg, Criteria for Scientific Choice).

Ténière-Buchot, P.F. *Cours de méthodes de préparation des décisions*. CNAM et Institut national des sciences et techniques nucléaires, 1984. Paris.

Unesco. *Scientific Thought. Some Underlying Concepts, Methods and Procedures*. Paris, La Haye, Mouton/Unesco ed., 1972, 252 p. (particulièrement: Beer Stafford « Management in scientific terms »).

Unesco. *Scientific Forecasting and Human Needs: trends, methods and message*. Paris/Oxford, Unesco and Pergamon Press, 1984, 204.

Wagner, H.M. *Principles of Operations Reserach*. Prentice Hall, 1970.

Wiener, Robert. *Cybernétique et société*. Paris, Collection « Le monde en 10 x 18 » (édition originale en anglais : 1948), 1975.

5.3 Quelques adresses

Bibliothèque Science, Technologie, Société (STS)
Conservatoire national des arts et métiers
292, rue Saint Martin
75003 Paris

Cette bibliothèque abrite la collection du Centre de recherche et d'études sur l'innovation (CERI), mentionnée plusieurs fois dans les bibliographies thématiques.

Bibliothèque de l'Université Paris-Dauphine
Place du Maréchal De Lattre de Tassigny
75016 Paris

Voir notamment les publications du Laboratoire des méthodes scientifiques d'aide à la décision (LAMSADE).

Association internationale FUTURIBLES
55, rue de Varenne
75007 Paris

Unesco, Division des politiques scientifiques et technologiques
7, place de Fontenoy
75700 Paris

Voir en particulier la Série « Études et documents de politique scientifique ».

Organisation de coopération et développement économiques (OCDE)
2, rue André Pascal
75016 Paris

Commission des communautés européennes
1, rue de la Loi
Bruxelles, Belgique

Voir en particulier les publications du groupe FAST (Forecasting and Assessment for Science and Technology).

Centre d'étude sur les sciences et techniques avancées (CESTA) et Centre de prospective et d'évaluation (CPE). Ministère de l'industrie et de la recherche
1, rue Descartes
75005 Paris

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
A-2361 Laxenburg
Autriche

Consulter également le *Répertoire mondial de projets de recherche, d'études et de cours dans le domaine des politiques scientifiques et technologiques* publié par l'Unesco en 1981 dans la Série « Études et documents de politique scientifique » sous le no 49, Unesco, Paris, 424 p.* Ce Répertoire comprend plus de mille Unités de recherche œuvrant dans le domaine des politiques de la science et de la technologie dans quelque quatre-vingt pays; il est disponible sur demande, sous forme de bande magnétique.

* Une deuxième édition, mise à jour, est actuellement sous presse sous le n° 70 dans la même série.

5.4. Index

A

ABT (CB) b 1
Actualisation a 3
AESOP c 1
AFCET a 7
Albertin (d') a 8
Albouy (M) a 3
Alderson (RC) a 8
Analogiques (modèles) a 10
Analyse factorielle des correspondances c 1
Analyse morphologique b 4
Analyse stratégique c 4
Analyse structurelle c 2
Analyse de systèmes c 1, c 2, c 3, c 4
Angelin (C) général c 2
Ansoff (J) c 4
Antle (L) b 3
Arbres de pertinence a 8
Arnfield (RV) b 2
Asher (DT) a 3
Augood (D) a 3
Ayres (RU) a 9, a 10 b 1, b 2

B

Baker (N) a 8
Banque mondiale (méthode d'évaluation) a 3
Bayen (M) c 4
BCG (Boston Consulting Group) c 4
Becker a 1
Becker (HS) b 2, b 3
Benayoun (R) a 7
Bender (AD) b 2
Benzecri (JP) général, c 1
Berline (AP) c 1
Bernabeu (YA) a 7
Bertalanffy (L. von) général
Berthier (P) a 7
Berthier (F) a 6, c 1
Bestuzher-Lada (IV) b 3
Bochberg (R) b 3
Bollore (Y) a 8
Bordet (JP) c 1
Bourbon (M) a 8
Bouyssou (D) a 7
Bridgewater (AU) b 4
Bright (JR) général
Brown (BB) b 2
Brunetière (J de la) b 1
Buffet (P) a 7
Bussery (A) a 3
Buttner (FH) b 4

C

Cailliez (F) c 1
Carey (RG) a 6
Cetron (M) général a 4, b 2
Chartois (B) a 3
Chave (Cdt) a 8
Cheaney (ES) b 4
Check lists a 1
Chervel a 3
Choski (AM) a 3
Churchman (CW) général, a 8
Closson (J) c 4
Coady (SK) b 1
Cochran (S) b 2
Cole (A) b 1, c 3
Correspondances (analyse factorielle) c 1
Courbes en S a 10
Courbes enveloppes a 9
Coyle (RG) c 3
CPE (Centre de prévision et d'évaluation) (méthode du) a 8
Cramer (RM) a 3
Crestin (JP) a 8
Cross impact matrixes b 3
Curnow c 2

D

Dalkey (NC) b 2
Danila (N) général
Darc (M) a 7
Dasgupta Sen a 3
Datar b 1
Daudé (méthode) a 3
Dean (BV) b 2
Deleage (J) b 1
Delphi (méthode) b 2
Deltour (JE) a 8
Derian (JC) b 2
DGRST c 2
Disman (méthode) a 3
Dobrov (GM) a 8
Donto (J) c 1
Duperrin (J) b 3, c 2
Dupuy (G) b 1
Durand (R) b 2
Dynamique de systèmes c 3

E

Ebright (GW) b 2
Edwards (W) a 6
Effets (méthode des) a 3
EIRMA a 1
Electre (méthodes) a 7
Emsellem (Y) c 1
Enveloppes (courbes) a 9
Enzer (S) b 3

Esch (ME) a 8
Estoile (H. de l') a 8
Extrapolation de la tendance a 9

F

Fabre (J) c 1
Federwisch c 2
Fenelon (JP) c 1
Fischer (M) a 8
Fishburn (PC) a 6
Floyd (AL) a 10
Fontaine (A) c 1
Forrester (JW) général, c 3
Foster (RM) b 1, b 4
Freeman (C) b 1, c 3
Fusfeld (A) a 9
Factorielles (analyse des correspondances) c 1

G

Gardiner (P) a 6
Gardner (M) b 1
Gerardin (L) a 8, b 1, b 4
Giard (V) a 3
Gibert a 3
Glowinksi (R) b 1
Glushkov (UM) a 8
Godet (M) général, b 3
b 3, c 2, c 4
Gonod (P) c 2
Goodman (MR) c 3
Gordon (TJ) b 2, b 3
Grabowski (H) a 8
Graphes (théorie des) a 8, c 2
Gremillet (A) a 2
Gremy (JP) a 7

H

Hart (méthode) a 3
Harvard (l'expansion) général
Haunalter (G. von) b 2
Hawthorne (HP) b 4
Hayward (H) b 3
Helmer (O) b 2, b 3
Hess (méthodes) a 3
Hobbs (JA) a 9
Holl (JC) a 3
Hubert (JM) a 8
Hubert (P) a 7
Hugonnard (JC) a 7

I

I.C.I. a 9
ICST, CMEP a 8
IIASA b 1
Indices de performance a 2
Interdépendance (matrices) b 3
IRTC - International Research and Technology Corporation a 2

J

Jahoda (M) b 1, c 3
Jantsch (E) général, b 1
Jaquet Lagreze (E) a 7
Jestice (AL) a 8
Jeux (théorie des) a 6, b 1
Johnson (H) b 3
Johnson (GP) b 1, b 2, b 3
Johnson (J) b 1
Johnson (JM) b 1
Jouineau (C) c 4
Julien (PA) b 1

K

Kahn (H) b 1
Kane c 3
Karsky (M) c 3
Keeney (RL) a 6
Kendall (JW) b 2
Kendrick (DA) a 3
Kieffer (DM) a 1, a 2
Klass (PJ) a 8
Kokosowski (A) c 1

L

Labbe b 4, c 1
Laffy (R) a 7
Lamonde (P) b 1
Lamsade a 6, a 7
Larsen (FJ) a 8
Latouche (D) b 1
Lavergne a 3
Le Boulanger (H) a 5
Leclercq (R) a 1
Leeth (GC) a 9
Lefebvre c 2
Le Gall a 3
Lenz (RC) a 9
Leonard (D) b 4
Levary (R) b 2
Levitt (T) c 4
Linsley (R) b 1
Linstone (HA) b 2
Listes de contrôle a 1
Litaudon (M) c 4
Little (IMD) a 3

M

Mc Lean c 2
Maestre (CJ) a 9, b 4
Mahieux (F) a 1, a 3
Malinvaud (E) a 2
Mandanis (GP) b 2
Marglin a 3
Martino (JP) a 9, b 4

Masse (P) a 3
Matrices d'interdépendance b 3
Matricielles (méthodes) a 4
Meadows (DL) c 3
Medford (RD) b 4
Meedans (A) a 3
Meleze c 4
Menthon (C de) a 8
Metayer (G) c 3
Miles (LD) c 4
Mirrless (JA) a 3
Modèles analogiques a 10
Montgolfier (J de) a 6
Moore (J) a 8
Morgenstern (O) a 6, a 8
Morize (F) b 2
Morlat (G) c 1
Morphologie (analyse) b 4
Morris (W - W) a 2
Mottley - Newton a 4
Multiattributs (méthode) a 6
Multicritères (méthodes) a 4, a 5, a 6, a 7

N

Neumann (Von) a 6
North (HQ) b 2

O

OCDE c 2
Oerlemans (JJ) c 2
ONUDI (évaluation des projets de) a 3

P

Pages (JP) c 1
Parvin (RM) a 8
Pattern - Planning Assistance Through Technical Evaluation and Relevance Numbers (méthode) a 8
Pavitt (R) b 1, c 3
Pertinence (arbres de) a 8
Philippe (G) a 8
Popper (J) c 3
Posavac (EJ) a 6
Prix de référence (méthode des) a 3
Prud'Homme (R) b 1
Pugh (AL) c 3
Pyke (DL) b 2

R

Raiffa (H) a 6
Ralph (C) a 8
Ratios a 2
Rea (RH) b 1, b 4
Renoup (C) a 8
Rescher (H) b 2
Ribak (P) b 2
Roberts (EB) c 3
Rochberg (R) b 3
Rohatgi (K) b 2
Rohatgi (P) b 2
ROI Return on Investment a 3
Rosen (S) b 4
Roy (B) général, a 5, a 6, a 7

S

S (courbes en) a 10
Saiac (J) a 8
Saint-Laurent (B de) c 1
Saint-Paul (R) général
Scénarios b 1
SEMA a 5, b 1
Shephard (W) a 8, c 2
Sheppard (RW) a 8
Sigford (JV) a 8
Silverman (BG) a 2
Sincro a 8
Siskos (J) a 6, a 7
Skalka (JM) a 7
Skolnik (L) b 2
Smith (BE) a 3
Sproull (WC) a 8
Squire a 3
SRI - Stanford Research Institute c 4
Stemmelen (E) c 1
Stoutjesdijk a 3
Strack (AC) b 2
Stratégie (analyse de) c 4
Structurelle (analyse) c 2
Sulc (O) b 2
Surclassements (méthodes de) a 7
Sussman (B) a 7
Swager (W) a 8
Système (analyse de) c 1, c 2, c 3, c 4
Systèmes (dynamique de) c 3

T

Technological Forecasting and Social Change b 2
Tendance (extrapolation de) a 9
Ténière-Buchot (PF) général c 2, c 4
Thomson c 3
Toy (B) a 7
Travaux et recherches de prospective b 1, c 1
Turdff (M) b 2

U

Unesco b 2, b 3
Utilité (théorie de) a 6
USSR State Committee for Science and Technology a 8

V

Van der Tak a 3
VAN et TRI (méthode) a 3
Vertinsky c 3
Vidrequin (MC) a 8
Villemot c 3
Vincke (P) a 6

W

Wanty c 2
Wäschberg a 7
Wills (RI) b 4
Winkel (HM) a 7
Woods (RG) b 2

Z

Zadeh a 7
Zviak (C) c 4
Zwicky (F) b 4

Conclusion

« Il s'agit de vouloir ce que l'on désire. »

J. Lacan

Au terme de cet ouvrage sur la programmation de la recherche scientifique et technologique, il convient d'insister sur un petit nombre de constatations développées au cours de cette étude.

La programmation est une activité de management de la recherche scientifique et technologique qui permet une meilleure liaison entre l'Organisme directeur de la politique scientifique et technologique nationale d'une part, et les établissements d'enseignement supérieur, les institutions scientifiques de l'État, et les entreprises (publiques ou privées) où s'exécute la R&D, d'autre part. Mutatis mutandis, cela s'applique également à la liaison qui doit exister entre la direction d'une entreprise de production et ses services de recherche-développement.

La programmation de la R&D permet de rationaliser les choix d'objectifs, d'établir une relation de confiance entre les uns et les autres. Elle structure les volontés, limite les risques, rend crédibles les objectifs de recherche en quantifiant, même grossièrement, des orientations concernant les ressources qui leur seront consacrées.

La programmation de la R&D s'intéresse au moyen terme. Moins précise que la budgétisation, elle dépasse le caractère annuel de celle-ci pour envisager l'évolution des phénomènes étudiés durant quelques années, en fonction d'échéances nationales ou internationales prévisibles. Elle tient compte des orientations à plus long terme éventuellement recommandées par les travaux de planification.

Elle fournit un cadre souple de réflexion qui relativise les choix envisageables (procédures de sélection), projette les possibilités d'avenir souhaitables ou à éviter (anticipation des phénomènes), évalue les situations et systèmes complexes (analyse de systèmes). Cette réflexion aide la décision sans l'impliquer mécaniquement.

De nombreuses techniques peuvent être utilisées dans ces divers domaines. Conceptuellement elles sont toujours simples. Seule leur formulation (mathématique, informatique), peut s'avérer parfois délicate, pour autant qu'on le désire. Il y a toujours une possibilité de recourir aux concepts sans s'astreindre à observer passivement les règles de l'appareil mathématique.

Aucune technique ne constitue en soi la réponse unique à un problème donné. Les fiches qui figurent dans la troisième partie de l'ouvrage doivent donc être saisies globalement afin de choisir celles qui correspondent le plus aux préoccupations du programmateur. Ce choix étant opéré, le programmateur se doit de construire sa propre technique, en mélangeant les éléments des fiches, afin de s'adapter au mieux aux problèmes qu'il a à traiter.

Le délai de réalisation d'un tel travail est de six à douze mois pour une personne ou une équipe n'ayant pas de connaissance initiale sur les méthodes et procédures de programmation, de deux à six mois pour quelqu'un ayant déjà une expérience confirmée dans ces domaines.

L'usage des fiches ne suffit pas pour réussir une tâche de programmation, que celle-ci soit orientée vers un usage administratif (public) ou vers une utilisation industrielle (entreprise). Les méthodes décrites dans cet ouvrage ne sont que les principes écrits de l'action à laquelle elles préparent. Le rapport de programmation, le programme, n'est jamais appliqué s'il n'est pas accompagné d'un mode d'emploi désignant à chacun des acteurs qui interviennent dans la mise en œuvre, ce qu'il doit faire, pendant combien de temps, quels seront les contrôles qui seront exercés en cours ou après la réalisation.

Les diverses règles de procédures décrites dans la partie II de l'ouvrage, sont donc aussi importantes que les techniques évoquées dans les fiches (partie III) auxquelles elles s'appliquent.

Le métier de programmateur exige donc des capacités d'esprit de synthèse et de bonne compréhension de sujets souvent complexes, mais délimités, recourant à des notions techniques et scientifiques de haut niveau. Mais il implique simultanément une propension à la communication avec les équipes de recherche, leurs dirigeants et contrôleurs, et d'une manière générale avec le monde de la décision. C'est en équilibrant ces deux sortes de qualités très différentes que le programmateur peut réussir à mener à bien son travail, qui doit se traduire non seulement par des rapports mais par des changements survenant dans les universités et autres établissements d'enseignement supérieur, les institutions scientifiques de l'État, et les entreprises de production tant publiques que privées.

La diversité des approches abordées dans cet ouvrage, ne doit pas inquiéter, notamment lorsqu'il s'agit de problèmes appliqués à des économies en développement. Peu d'idées bien assimilées valent mieux que beaucoup mal comprises. De la même façon qu'un annuaire téléphonique est utilisé pour contacter des personnes que l'on désire appeler, cet ouvrage doit permettre, après avoir été consulté sérieusement mais rapidement, d'orienter la réflexion vers des techniques à approfondir, mais moins dispersées et nombreuses. Certaines des références citées en bibliographies devraient alors prendre le relais en complétant les éléments présentés de manière très condensée dans ce manuel.

Annexes

Annexe I - TABLEAU RECAPITULATIF DES CREDITS BUDGETAIRES REPARTIS PAR FONCTION ET PAR INCIDENCE ECONOMIQUE

Classification économique (E) / Classification fonctionnelle (F)*	Dépenses courantes							Dépenses en capital									TOTAL
	Consommation de biens et services	Intérêts de la dette	Subventions		Transferts courants			Formation brute de capital		Transfert de capital			Prêts-avances			Amortissement de la dette	
			secteur public	secteur privé	ménages	collectivités locales	étranger	entreprises industrielles et commerciales d'Etat	services publics administratifs, éducatifs et scientifiques	secteur public	secteur privé	étranger	secteur public	secteur privé	étranger		
A — Services généraux																	
1. Administration générale																	
2. Justice et sécurité intérieure																	
3. Défence nationale																	
Budget de la S&T — **B — Services d'innovation**																	
4. Science et technologie Programmes 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, etc.																	
C — Services économiques																	
5. Agriculture et ressources non minérales																	
6. Energie et ressources minérales																	
7. Industrie, commerce et services																	
8. Transports et communications																	
D — Services communautaires et sociaux																	
9. Enseignement																	
10. Santé																	
11. Aménagement urbain et rural																	
12. Assistance et sécurité sociales																	
13. Culture, sports et loisirs																	
E — Dépenses non fonctionnelles																	
TOTAL																	TT

* Chaque fonction est divisée en programmes

Source: Unesco, Études et documents de politique scientifique, n° 48.

Annexe II - BUDGET DE LA S&T INTEGRE

Tableau récapitulatif par fonction et par institution du budget général de l'État figurant dans la Loi des finances

	– FONCTIONS (F) programmes	INSTITUTIONS (I)	Total
	1 ... 2 ... 3....		
Budget de la S & T	4 S&T programmes	répartition institutionnelle	
	5 ...		
	Total		TOTAL du budget

Annexe III - BUDGET DE LA S&T SPECIAL

Tableau récapitulatif principal du budget général de l'État figurant dans la Loi de finances

– NATURE des dépenses (N)		INSTITUTIONS (I)	Total
fonct.			
capital			
Total			TOTAL du budget[1]

Tableau de composition spécial pour la S&T présenté dans un document annexe de la Loi de finances

Regroupement fonctionnel ad hoc	INSTITUTIONS (I)	
S&T	répartition institutionnelle	Total pour S&T[2]

N.B. Le Total[2] est inclus dans le TOTAL[1]

Source: Unesco, Études et documents de politique scientifique, n° 48.

Annexe IV

Dépenses de Recherche

(Définition adoptée par l'Unesco)

Au niveau national du rassemblement des données et afin d'éviter une double comptabilisation, le coût des activités de R&D doit être calculé sur la base des dépenses courantes intra-muros, y compris les frais généraux, et les dépenses en capital intra-muros. La somme des dépenses intra-muros effectuées par toutes les institutions nationales conduit à un agrégat total des dépenses intérieures, qui est l'information présentée à l'échelon international.

Le total des dépenses intérieures pour des activités de R&D peut être défini comme l'ensemble des dépenses effectuées à ce titre, au cours d'une année de référence, dans les institutions et installations situées sur le territoire national, y compris dans les installations qui sont géographiquement situées à l'étranger: terrains ou moyens d'essai acquis ou loués à l'étranger, ainsi que navires, véhicules, aéronefs et satellites utilisés par les institutions nationales. Sont exclues de ce total les dépenses pour des activités de R&D effectuées par les organisations internationales installées dans le pays considéré.

Les dépenses totales pour les activités de R&D, telles qu'elles sont définies ci-dessus, comprennent toutes les *dépenses courantes*, y compris les frais généraux, et les *dépenses en capital* telles qu'elles sont définies ci-après :

(i) Les dépenses courantes intra-muros comprenant tous les paiements effectués pendant l'année de référence pour l'exécution d'activités de R&D à l'intérieur des unités, institutions ou secteurs d'exécution quelle que soit la source ou l'origine des fonds. Ces paiements ont trait aux dépenses de personnel, de petit matériel et fournitures fongibles et autres dépenses courantes, y compris une part des frais généraux, par exemple : loyer, entretien et réparation des bâtiments, remplacement du mobilier de bureau, eau, gaz, électricité, dépenses administratives, etc. L'achat du gros équipement est porté sous « dépenses en capital ».

Les dépenses courantes doivent être subdivisées en dépenses totales de personnel et autres dépenses courantes:

dépenses de personnel comprenant les paiements en espèces ou en nature des salaires, traitements et tous frais connexes de main-d'oeuvre, y compris les « avantages divers » tels que primes, congés payés, cotisations aux caisses de retraite, systèmes obligatoires de sécurité sociale, impôt sur les salaires, etc.;

autres dépenses courantes comprenant toutes les autres dépenses intra-muros courantes, par exemple, l'achat de fournitures de bureau et de laboratoire ainsi que de matériels, l'abonnement à des périodiques, l'achat des livres, le loyer et l'entretien des bâtiments, les services informatiques, les voyages et les services postaux.

(ii) Les dépenses en capital intra-muros comprenant tous les paiements effectués pendant l'année de référence pour l'exécution d'activités de R&D et qui ont trait aux dépenses de gros équipement et autres dépenses en capital. L'amortissement du gros appareillage, de l'équipement et des bâtiments est exclu.

Annexe V

Sources de financement de la R&D

Afin de pouvoir identifier l'origine du financement des activités de R&D, les catégories de sources de financement pour les dépenses de R&D se définissent comme suit :

Fonds publics. Sont classés sous cette rubrique les fonds provenant du budget ordinaire ou extraordinaire, ou d'origine extrabudgétaire, fournis par le gouvernement central ou par les autorités locales. Entrent également dans cette catégorie les fonds provenant d'institutions intermédiaires publiques créées et intégralement financées par l'État.

Fonds provenant des entreprises de production et fonds spéciaux. Sont inclus dans cette rubrique les fonds affectés aux activités de R&D par les institutions classées dans le secteur de la production comme des établissements ou des entreprises de production et tous les fonds provenant des fonds de développement technique et économique qui existent dans les pays à économie centralisée et d'autres fonds analogues.

Fonds étrangers. Sont classés sous cette rubrique les fonds reçus de l'étranger pour les activités de R-D nationales, y compris ceux qui proviennent d'organisations internationales, de gouvernements ou institutions étrangers, ainsi que les fonds privés, provenant des organisations ou sociétés, installées à l'étranger, qui ont des organisations ou sociétés mères ou affiliées situées sur le territoire national.

Fonds divers. Sont classés sous cette rubrique les fonds qui ne peuvent être classés dans l'une des rubriques précédentes, par exemple, les fonds propres des établissements du secteur de l'enseignement supérieur, les dotations ou les dons.

(Source : Office des Statistiques de l'Unesco)

Agents de vente des publications de l'Unesco

ALBANIE : « Ndermarrja e perhapjes se librit », TIRANA.
ALGÉRIE : ENAL 3, bd Zirout-Youcef, ALGER. *Périodiques seulement :* ENAMEP, 20, rue de la Liberté, ALGER.
ALLEMAGNE (*Rép. féd. d'*) : UNO-Verlag, Simrockstrasse 23, D-5300 BONN 1; S. Karger GmbH, Verlag Angerhofstrasse 9, Postfach 2, D-8034 Germering/MÜNCHEN. *Pour « Le Courrier de l'Unesco »* (éditions allemande, anglaise, espagnole et française) : M. Herbert Baum, Deutscher Unesco-Kurier Vertrieb, Besalstrasse 57, 5300 BONN 3. *Pour les cartes scientifiques seulement :* GEO Center, Postfach 800830, 7000 STUTTGART 80.
ANGOLA : Distribuidora Livros e Publicações, CP 2848, LUANDA.
ANTILLES NÉERLANDAISES : Van Dorp-Eddine N.V., P.O. Box 200, WILLEMSTAD (Curaçao, N.A.).
ARABIE SAOUDITE : Dar Al-Watan for Publishing and Information, Olaya Main Street, Ibrahim Ben Sulaym Building, P.O. Box 3310, RIYADH.
ARGENTINE : Librería El Correo de la Unesco, Edilyr, S.R.L., Tucumán 1685, 1050 BUENOS AIRES.
AUSTRALIE : Educational Supplies Pty. Ltd, P.O. Box 33, BROOKVALE 2100, N.S.W. *Sous-agents :* United Nations Association of Australia, Victorian Division, 328 Flinders Street, MELBOURNE 3000; Hunter Publications, 58A Gipps Street, COLLINGWOOD, Victoria 3066.
AUTRICHE : Gerold an Co., Graben 31, A-1011 WIEN.
BAHREIN : The Arabian Agencies and Distributing Co., Al Mutanabi Street, P.O. Box 156, Manama; United Schools International, P.O. Box 726, BAHREIN.
BANGLADESH : Karim International, G.P.O. Box 2141, 64/1 Manipuri Para, Tejgaon, Farmgate, DHAKA.
BARBADE : University of the West Indies Bookshop, Cave Hill Campus, P.O. Box 64, BRIDGETOWN.
BELGIQUE : Jean De Lannoy, 202, avenue du Roi, 1060 BRUXELLES.
BÉNIN : Librairie nationale, B.P. 294, PORTO NOVO; Ets Koudjo G. Joseph, B.P. 1530, COTONOU; Librairie Notre-Dame, B.P. 307, COTONOU.
BIRMANIE : Trade Corporation no. (9), 550-552 Merchant Street, RANGOON.
BOLIVIE : Los Amigos del Libro, Mercado 1315, Casilla postal 4415, LA PAZ; Av. de las Heroínas 3712, Casilla postal 450, COCHABAMBA.
BOTSWANA : Botswana Book Centre, P.O. Box 91, GABORONE.
BRÉSIL : Fundação Getúlio Vargas, Serviço de Publicações, CP 9.052-ZC-05, Praia de Botafogo 188, RIO DE JANEIRO (RJ); Imagem Latinoamericana, Av. Paulista 750, 1 andar, Caixa postal 30455; SÃO PAULO, CEP 01051.
BULGARIE : Hemus, Kantora Literatura, bd Rousky 6, SOFIJA.
BURKINA FASO : Librairie Attie, B.P. 64, OUAGADOUGOU; Librairie catholique « Jeunesse d'Afrique », OUAGADOUGOU.
CAMEROUN : Librairie des éditions Clé, B.P. 1501, YAOUNDÉ; Librairie Saint-Paul, B.P. 763, YAOUNDÉ; Commission nationale de la République du Cameroun pour l'Unesco, B.P. 1600, YAOUNDÉ; Centre de diffusion du livre camerounais, B.P. 338, DOUALA; Buma Kor and Co., Bilingual Bookshop, Mvog-Ada, B.P. 727, YAOUNDÉ; Librairie Hermès Memento, Face CHU Melen, B.P. 2537, YAOUNDÉ.
CANADA : Renouf Publishing Company Ltd/Editions Renouf Ltée, 1294 Algoma Road, OTTAWA, Ont. K1B 3W8. *Magasins :* 61, rue Sparks, OTTAWA, et 211, rue Yonge, TORONTO. *Bureau de vente :* 7575 Trans Canada Hwy Ste. 305, St. Laurent, QUEBEC H4T 1V6.
CAP-VERT : Instituto Caboverdiano do Livro, Caixa postal 158, PRAIA.
CHILI : Editioral Universitaria S.A., Departamento de Importaciones, M. Luisa Santander 0447, Casilla 10220, SANTIAGO; Editorial Andrés Bello, Av. R. Lyon 946, Casilla 4256, SANTIAGO; Dipublic, Antonio Varas 671, 2.° piso, Casilla 14364, Correo 21, SANTIAGO.
CHINE : China National Publications Import and Export Corporation, P.O. Box 88, BEIJING.
CHYPRE : « MAM », Archbishop Makarios 3rd Avenue, P.O. Box 1722, NICOSIA.
COMORES : Librairie Masiwa, 4, rue Ahmed-Djoumoi, P.B. 124, MORONI.
CONGO : Commission nationale congolaise pour l'Unesco, B.P. 493, BRAZZAVILLE; Librairie Maison de la Presse, B.P. 2150, BRAZZAVILLE; Librairie populaire, B.P. 577, BRAZZAVILLE; Librairie Raoul, B.P. 100, BRAZZAVILLE.
COSTA RICA : Cooperativa del Libro, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro Montes de Oca, SAN JOSÉ.
CÔTE D'IVOIRE : Librairie des Presses de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris; Commission nationale ivoirienne pour l'Unesco, 01 B.P. V 297, ABIDJAN 01; Centre d'édition et de diffusion africaines (CEDA), 04 B.P. 541, ABIDJAN 04 Plateau.
CUBA : Ediciones Cubanas, O'Reilly n.° 407, LA HABANA.
DANEMARK : Munksgaard, Book and Subscription Service, P.O. Box 2148, DK-1016 Kobenhavn K.
ÉGYPTE : Unesco Publications Centre, 1 Talaat Harb Street, CAIRO.
ÉMIRATS ARABES UNIS : Maktabat al-Maktaba, P.O. Box 15408, Al-Ain, ABU DHABI.
ÉQUATEUR : Dinacur Cia Ltda, Santa Prisca n.° 296 y Pasaje San Luis, Ofic. 101-102, Casilla 112-B, QUITO; Nueva Imagen, 12 de Octubre 959 y Roca, Edificio Mariano de Jesús, QUITO.
ESPAGNE : Mundi-Prenza Libros S.A., Apartado 1223, Castelló 37, 28001 MADRID; Ediciones Líber, Apartado 17, Magdalena 8, ONDÁRROA (Vizcaya); Donaire, Ronda de Outero 20, Apartado de correos 341, La CORUÑA; Librería Al-Andalus, Roldana, 1 y 3, SEVILLA 4; Librería Castells, Ronda Universidad 13 y 15, BARCELONA 7; Libreria de la Generalitat de Catalunya, Palan Moja, Rambla de los Estudios 118, 08002 BARCELONA.
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE : UNIPUB, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD 20706-4391; United Nations Bookshop, NEW YORK, NY 10017.
ÉTHIOPIE : Ethiopian National Agency for Unesco, P.O. Box 2996, ADDIS ABABA.
FINLANDE : Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, SF-00101 HELSINKI 10; Suomalainen Kirjakauppa Oy, Koivuvaarankuja 2, 01640 VANTAA 64.
FRANCE : Grandes librairies universitaires; Librairie de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 PARIS.
GABON : Librairie Sogalivre, à LIBREVILLE, PORT-GENTIL et FRANCEVILLE; Librairie Hachette, B.P. 3923, LIBREVILLE.
GHANA : Presbyterian Bookshop Depot Ltd, P.O. Box 195, ACCRA; Ghana Book Suppliers Ltd, P.O. Box 7869, ACCRA; The University Bookshop of Ghana, ACCRA; The University Bookshop of Cape Coast; The University Bookshop of Legon, P.O. Box 1, LEGON.
GRÈCE : Librairie H. Kauffmann, 28, rue du Stade, ATHÈNES; Librairie Eleftheroudakis, Nikkis 4, ATHÈNES; Commission nationale hellénique pour l'Unesco, 3, rue Akadimias, ATHÈNES; John Mihalopoulos and Son, 75 Hermou Street, P.O. Box 73, THESSALONIQUE.
GUATEMALA : Comisión Guatemalteca de Cooperación con la Unesco, 3.° Avenida 13-30, Zona 1, Apartado postal 244, GUATEMALA.
GUINÉE : Commission nationale guinéenne pour l'Unesco, B.P. 964, CONAKRY.
GUINÉE-BISSAU : Instituto Nacional do Livro e do Disco, Conselho Nacional da Cultura, Avenida Domingos Ramos n.° 10 - A, B.P. 104, BISSAU.
HAÏTI : Librairie « A la Caravelle », 26, rue Roux, B.P. 111, PORT-AU-PRINCE.
HONDURAS : Librería Navarro, 2.ª Avenida n.° 201, Comayagüela, TEGUCIGALPA.
HONG KONG : Swindon Book Co., 13-15 Lock Road, Kowloon; Federal Publications (HK) Ltd, 2d Freder Centre, 68 Sung Wong Toi Road, Tokwawan, Kowloon; Hong Kong Government Information Services, Publication (Sales) Office, Information Services Dept., No. 1 Battery Path, Central, HONG KONG.
HONGRIE : Kultura-Buchimport-Abt., P.O.B. 149, H-1389 Budapest 62.
INDE : Orient Longman Ltd, Kamani Marg, Ballard Estate, BOMBAY 400038; 17 Chittaranjan Avenue, CALCUTTA 700013; 36A Anna Salai, Mount Road, MADRAS 600002; 80/1 Mahatma Gandhi Road, BANGALORE 560001; 5-9-41/1 Bashir Bagh, Hyderabad 500001 (AP); 3-5-820 Hyderguda, Hyderabad 500001. Oxford Book & Stationery Co., 17 Park Street, CALCUTA 700016; Scindia House, NEW DELHI 110001; UBS Publishers Distributors Ltd, 5 Ansari Road, P.O. Box 7015, NEW DELHI 110002.
INDONÉSIE : Bhratara Publishers and Booksellers, 29, Jl. Oto Iskandardinata III, JAKARTA; Indira P.T., *Jl. Dr. Sam* Ratulangi 37, JAKARTA PUSAT.
IRAN : Commission nationale iranienne pour l'Unesco, 1188 Enghelab Avenue, Rostam Give Building, P.O. Box 11365-4498, 13158 TÉHÉRAN.
IRLANDE : TDC Publishers, 12 North Frederick Street, DUBLIN; Educational Company of Ireland Ltd, P.O. Box 43A, Walkinstown, DUBLIN 12.
ISLANDE : Snaebjörn Jonsson & Co., H.F., The English Bookshop, Hafnarstraeti 9, REYKJAVIK.
ISRAËL : Literary Transactions Inc., c/o Steimatzky Ltd, 11 Hakishon Street, P.O. Box 1444, BNEIBRAK 51114.
ITALIE : Licosa (Libreria Commissionaria Sansoni S.p.A.), via Lamarmora 45, casella postale 552, 50121 FIRENZE, et via Bartolini 29, 20155 MILANO; FAO Bookshop, Via delle Terme di Caracalla, 00100 ROMA; ILO Bookshop, Corso Unità d'Italia 125, TORINO.
JAMAÏQUE : University of the West Indies Bookshop, Mona, KINGSTON 7.
JAPON : Eastern Book Service Inc., 37-3 Hongo 3-chome, Bunkyo-ku, TOKYO 113.
JORDANIE : Jordan Distribution Agency, P.O. Box 375, AMMAN.
KENYA : East African Publishing House, P.O. Box 30571, NAIROBI; Africa Book Service Ltd, Quran House, Mfangano Street, P.O. Box 45245, NAIROBI.
KOWEÏT : The Kuwait Bookshop Co. Ltd, P.O. Box 2942, KUWAIT.
LESOTHO : Mazenod Book Centre, P.O. Mazenod, MASERU.
LIBAN : Librairie Antoine A. Naufal et Frères, B.P. 656, BEYROUTH.
LIBÉRIA : National Bookstore, Mechlin and Carey Streets, P.O. Box 590, MONROVIA; Cole & Yancy Bookshops Ltd, P.O. Box 286, MONROVIA.
LUXEMBOURG : *Librairie Paul Bruck*, 22, Grande-Rue, LUXEMBOURG. *Périodiques :* Messageries Paul Kraus, B.P. 1022, LUXEMBOURG.
MADAGASCAR : Commission nationale de la République démocratique de Madagascar pour l'Unesco, B.P. 331, ANTANANARIVO.
MALAISIE : University of Malaya Co-operative Bookshop, P.O. Box 1127, 59700 KUALA LUMPUR.
MALAWI : Malawi Book Service, Head Office, P.O. Box 30044, Chichiri, BLANTYRE 3.
MALDIVES : Novelty Printers & Publishers, MALE.
MALI : Librairie populaire du Mali, B.P. 28, BAMAKO.
MALTE : Sapienzas, 26 Republic Street, VALLETTA.
MAROC : Librairie « Aux belles images », 282, av. Mohammed-V, RABAT; Librairie des Écoles, 12, av. Hassan-II, CASABLANCA; Société chérifienne de distribution et de presse, SOCHEPRESS, angle rues de Dinant et St-Saëns, B.P. 13683, CASABLANCA 05.
MAURICE : Nalanda Co. Ltd, 30 Bourbon Street, PORT-LOUIS.
MAURITANIE : GRALICOMA, 1, rue du Souk-X, av. Kennedy, NOUAKCHOTT; Société nouvelle de diffusion (SONODI), B.P. 55, NOUAKCHOTT.
MEXIQUE : Librería « El Correo de la Unesco », Actipán 66 (Insurgentes/Manacar), Colonia del Valle, Apartado postal 61-164, 06600 MÉXICO D.F.; Distribuidora Literaria S.A., Pomona 30, Apartado postal 24-448, 06700 MÉXICO D.F.
MOZAMBIQUE : Instituto Nacional do Disco e do Livro (INDL), Av. 24 de Julho n.° 1927, r/c, e n.° 1921, 1.° andar, MAPUTO.
NÉPAL : Sajha Prakashan, Polchowk, KATHMANDU.
NICARAGUA : Librería de la Universidad Centroamericana, Apartado 69, MANAGUA.
NIGER : Librairie Mauclert, B.P. 868, NIAMEY.
NIGÉRIA : The University Bookshop of Ife; The University Bookshop of Ibadan, P.O. Box 286, IBADAN; The University *Bookshop of Nsukka*; The University Bookshop of Lagos; The Ahmadu Bello University Bookshop of Zaria.
NORVÈGE : Tanum-Karl Johan, P.O. Box 1177, Sentrum 0107, OSLO 1; Akademika A/S, Universitetsbokhandel, P.O. Box 84, Blindern 0314, OSLO 3; Narvesen Info Center, P.O. Box 6125, Etterstad N 0602, OSLO 6.
NOUVELLE-ZÉLANDE : Government Printing Office, P.O. Box 14277, Kilbirnie, WELLINGTON. *Retail bookshop*, 25 Rutland Street, (*Mail Orders*, 85 Beach Road, Private Bag C.P.O.), AUCKLAND; *Retail*, Ward Street (*Mail orders*, P.O. Box 857), HAMILTON; *Retail*, 159 Hereford Street (*Mail orders*, Private Bag), CHRISTCHURCH; *Retail*, Princes Street (*Mail orders*, P.O. Box 1104), DUNEDIN.
OUGANDA : Uganda Bookshop, P.O. Box 7145, KAMPALA.
PAKISTAN : Mirza Book Agency, 65 Shahrah Quaid-i-Azam, P.O. Box 729, LAHORE 3; Unesco Publications Centre, Regional Office for Book Development in Asia and the Pacific, P.O. Box 8950, KARACHI 29.
PANAMA : Distribuidora Cultura Internacional, Apartado 7571, Zona 5, PANAMA.
PAYS-BAS : Keesing Boeken B.V., Hogehilweg 13, P.O. Box 1118, 1000 BC, AMSTERDAM. *Périodiques :* Faxon-Europe, Postbus 197, 1000 AD AMSTERDAM.
PHILIPPINES : National Book Store Inc., 701, Rizal Avenue, MANILA. *Sous-agent :* International Book Center (Philippines), 5th floor, Filipinas Life Building, Ayola Ave., Makati, METRO MANILA.
POLOGNE : Ars Polona-Ruch, Krakowskie Przedmiescie 7, 00-068 WARSZAWA; ORPAN-Import, Palac Kultury, 00-901 WARSZAWA.
PORTUGAL : Dias & Antrade Ltda., Livraria Portugal, rua do Carmo 70-74, 1117 LISBOA.
RÉPUBLIQUE ARABE SYRIENNE : Librairie Sayegh, Immeuble Diab, rue du Parlement, B.P. 704, DAMAS.
RÉPUBLIQUE DE CORÉE : Korcan National Commission for Unesco, P.O. Box Central 64, SÉOUL.
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE ALLEMANDE : Buchexport, Leninstrasse 16, 7010 LEIPZIG.
RÉPUBLIQUE-UNIE DE TANZANIE : Dar es Salaam Bookshop, P.O. Box 9030, DAR ES SALAAM.
ROUMANIE : Artexim-Export/Import, Piata Scientii, no. 1, P.O. Box 33-16, 70005 BUCURESTI.
ROYAUME-UNI : HMSO, P.O. Box 276, LONDON SW8 5DT. *Government Bookshops :* LONDON, BELFAST, BIRMINGHAM, BRISTOL, EDINBURGH, MANCHESTER; 151 Stratford Road, BIRMINGHAM B11 1RD. *Pour les cartes scientifiques :* McCarta Ltd, 122 King's Cross Road, LONDON WC1X 9DS.
SAINT-VINCENT-ET-GRENADINES : Young Workers' Creative Organization, Blue Caribbean Building, 2nd floor, room 12, KINGSTON.
SÉNÉGAL : Unesco, Bureau régional d'éducation pour l'Afrique (BREDA), 12, avenue Roume, B.P. 3311, DAKAR; Librairie Clairafrique, B.P. 2005, DAKAR; Librairie des Quatre-Vents, 91, rue Blanchot, B.P. 1820, DAKAR; Les Nouvelles Éditions africaines, 10, rue Amadou-Hassan Ndoye, B.P. 260, DAKAR.
SEYCHELLES : Kingsgate House, P.O. Box 131, MAHÉ; National Bookshop, P.O. Box 48, MAHÉ.
SINGAPOUR : Chopmen Publishers, 865 Mountbatten Road #05-28/29, Katong Shopping Centre, SINGAPORE 1543. *Périodiques :* Righteous Enterprises, P.O. Box 562, Kallang Basin Post Office, SINGAPORE 9133.
SOMALIE : Modern Book Shop and General, P.O. Box 951, MOGADISCIO.
SOUDAN : Al-Bashir Bookshop, P.O. Box 1118, KHARTOUM.
SRI LANKA : Lake House Bookshop, 100 Sir Chittampalam Gardiner Mawata, P.O. Box 244, COLOMBO 2.
SUÈDE : A/B C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan 12, Box 16356, S-103 27 STOCKHOLM 16. *Pour « Le Courrier de l'Unesco » seulement :* Svenska FN-Förbundet, Skolgränd 2, Box 150 50, S-104 65 STOCKHOLM. *Tous les périodiques :* Wennergren-Williams AB, Nordenflychtsvagen 70, S-104 25 STOCKHOLM; Esselte Tidskriftscentralen, Gamla Brogatan 26, Box 62, 10120 STOCKHOLM.
SUISSE : Librairie Payot à GENÈVE, LAUSANNE, BÂLE, BERNE, VEVEY, MONTREUX, NEUCHÂTEL, ZÜRICH; Europa Verlag, Ramistrasse 5, CH 8024 ZÜRICH. Librairie des Nations Unies, Palais des Nations, CH. 1211 Genève 10.
SURINAME : Suriname National Commission for Unesco, P.O. Box 2943, PARAMARIBO.
TCHAD : Librairie Abssounout, 24 av. Charles-de-Gaulle, B.P. 388, N'DJAMÉNA.
TCHÉCOSLOVAQUIE : SNTL, Spalena 51, 113-02 Praha 1; Artia, Ve Smeckach 30, P.O. Box 790, 111-27 PRAHA. *Pour la Slovaquie seulement :* Alfa Verlag, Hurbanovo nam 6, 893-31 BRATISLAVA.
TOGO : Librairie évangélique, B.P. 378, LOMÉ; Librairie du Bon-Pasteur, B.P. 1164, LOMÉ; Librairie universitaire, B.P. 3481, LOMÉ; Les Nouvelles Éditions africaines, 239, bd Circulaire, B.P. 4862, LOMÉ.
TRINITÉ-ET-TOBAGO : National Commission for Unesco, 18 Alexandra Street, St. Clair, Port of Spain (TRINIDAD).
TUNISIE : Société tunisienne de diffusion, 5, avenue de Carthage, TUNIS.
TURQUIE : Haset Kitapevi A.S., Istiklâl Caddesi n° 469, Posta Kutusu 219, Beyoglu, ISTANBUL.
URSS : Mezhdunarodnaya Kniga, ul. Dimitrova 39, MOSKVA 113095.
URUGUAY : *Toutes les publications :* Ediciones Trecho S.A., Maldonado 1090, MONTEVIDEO. *Livres et cartes scientifiques seulement :* Librería Técnica Uruguaya, Colonia n.° 1543, Piso 7, Oficina 702, Casilla de correos 1518, MONTEVIDEO; Instituto Nacional del Libro, Ministerio de Educación y Cultura, San José 1116, MONTEVIDEO. Librairies de l'Institut : Guayabo 1860, MONTEVIDEO; San José 1118, MONTEVIDEO, 18 de Julho n.° 1222, PAYSANDÚ; Amorim 37, SALTO.
VENEZUELA : Librería del Este, Av. Francisco de Miranda 52, Edificio Galipán, Apartado 60337, CARACAS 1060-A; Oficina de Coordinación Regional de la Unesco para América Latina y el Caribe, Quinta « ISA », 7.ª Av. de Altamira entre 7.ª y 8.ª Transversal, Apartado 68394, Altamira, CARACAS 1062-A.
YÉMEN DÉMOCRATIQUE : 14th October Corporation, P.O. Box 4227, ADEN.
YOUGOSLAVIE : Nolit, Terazije 13/VIII, 11000 BEOGRAD; Cankarjeva Zalozba, Zopitarjeva n.° 2, 61001 LJUBLJANA; Mladost, Ilica 30/11, ZAGREB.
ZAÏRE : SOCEDI (Société d'Études et d'Édition), 3440, Avenue du Ring-Joli Parc, B.P. 16569, Kiushasa.
ZAMBIE : National Educational Distribution Co. of Zambia Ltd, P.O. Box 2664, LUSAKA.
ZIMBABWE : Textbook Sales (PVT) Ltd, 67 Union Avenue, HARARE.

ISBN 92-3-202529-9